

明 細 書

平均維持補間演算回路、画素補間回路、平均維持補間演算方法、及び画素補間方法

技術分野

[0001] この発明は、デジタル画像における欠落画素を補間する補間演算回路、画素補間回路、補間演算方法、及び画素補間方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の画素補間回路においては、欠落画素に隣接する画素の値の平均値を補間データとする方法、最小自乗法を使って欠落画素に隣接する画素の回帰直線を求め、その回帰直線から補間データを計算する方法、欠落画素に隣接する4画素から4次式の曲線を求め、その4次式から補間データを計算する方法などを使って欠落画素の補間データを計算する(例えば、特許文献1参照)。

[0003] 特許文献1:特開2003-101724公報(段落0040乃至0066、図3乃至5)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の補間演算回路では線形補間や高次の関数を用いて補間を行うので、一部の画素が欠落している周期性の高い画像を補間する場合、誤差が大きくなる。

[0005] この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、周期性の高い画像に含まれる欠落画素を適切に補間することができる補間演算回路、画素補間回路、補間演算方法、及び画素補間方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] この発明は、欠落画素を含む画素の組を構成する複数の画素の値の平均値と欠落画素を含まない画素の組を構成する複数の画素の値の平均値が等しくなるように欠落画素の補間データを求めることを特徴とする平均維持補間演算回路を提供する。

発明の効果

[0007] 本発明による補間演算回路においては、欠落画素を含む画素列の平均値と欠落

画素を含まない画素列の平均値が等しくなるように欠落画素の補間データを求めるので、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列の画素の値の平均値が等しくなるようなデータ、例えば周期性のあるデータなどを適切に補間することができる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施の形態1の補間演算回路の構成を示すブロック図である。
- [図2]実施の形態1の補間演算回路で処理される画素列を示す図である。
- [図3]実施の形態1の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図4]実施の形態1の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図5]実施の形態1の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図6]周期検出回路を備えた画素補間回路の構成例を示すブロック図である。
- [図7]実施の形態2の補間演算回路で処理される画素列を示す図である。
- [図8]実施の形態2の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図9]実施の形態2の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図10]実施の形態3の補間演算回路の構成を示すブロック図である。
- [図11]実施の形態3の補間演算回路で処理される画素列を示す図である。
- [図12]実施の形態3の補間演算回路で処理される、複数の行に分割された画素の組を示す図である。
- [図13]本発明の補間演算回路で処理される、複数の行に位置する画素列を示す図である。
- [図14]実施の形態3の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。
- [図15]複数の欠落部加算回路を備えた欠落部合計算出回路の構成例を示すブロッ

ク図である。

[図16]平均維持補間演算回路の構成例を示すブロック図である。

[図17]実施の形態4の画素補間回路の構成を示すブロック図である。

[図18]実施の形態4の画素補間回路の、画素周期と補間誤差の関係を示す図である。

[図19](a)乃至(e)は、実施の形態4の画素補間回路の、それぞれのパラメータkについての、画素周期と補間誤差の関係を示す図である。

[図20](a)乃至(c)は、実施の形態4の画素補間回路の、それぞれのパラメータkについての、画素周期と補間誤差の関係を示す図である。

[図21]実施の形態4の画素補間回路の構成を示すブロック図である。

[図22](a)乃至(d)は、実施の形態4の画素補間回路の左右平均補間回路の動作を示す波形図である。

[図23]実施の形態4の画素補間回路の左右平均補間演算回路の画素周期と補間誤差の関係を示す図である。

[図24](a)乃至(c)は、実施の形態4の画素補間回路の各補間演算回路の画素周期と補間誤差の関係を示す図である。

[図25]実施の形態4の画素補間演算回路の、パラメータkと補間誤差との関係を示す図である。

[図26](a)乃至(c)は、実施の形態4の画素補間演算回路の、パラメータkと補間誤差との関係を示す図である。

[図27](a)乃至(c)は、実施の形態4の画素補間回路で処理される画素列を示す図である。

[図28](a)乃至(c)は、実施の形態4に画素補間回路の複数の平均維持補間演算回路の各々が良好な結果をもたらす範囲を示す図である。

[図29]実施の形態6の画素補間回路の構成を示すブロック図である。

[図30](a)及び(b)は、実施の形態6で処理される画素列及び画素の組を示す図である。

[図31]実施の形態6の画素補間回路で複数のテスト画素について補間を行ったとき

の各補間演算回路の評価結果を示す図である。

[図32]実施の形態6の画素補間回路の各補間演算回路の総合評価結果を示す図である。

[図33]実施の形態6の画素補間回路の具体例を示すブロック図である。

[図34](a)は実施の形態6の画素補間回路で処理される画素データの一例を示す波形図、(b)は欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図35](a)乃至(c)は、実施の形態6の画素補間回路で処理される画素列を示す図である。

[図36](a)乃至(e)は、実施の形態6の画素補間回路で処理される一連の画素中の欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図37](a)乃至(e)は、実施の形態6の画素補間回路で処理される一連の画素中の欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図38](a)乃至(e)は、実施の形態6の画素補間回路で処理される一連の画素中の欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図39]実施の形態6の画素補間回路で複数のテスト画素について補間を行ったときの各補間演算回路の評価結果を示す図である。

[図40]実施の形態6の画素補間回路の各補間演算回路の総合評価結果を示す図である。

[図41](a)は実施の形態6の画素補間回路で処理される画素データの一例を示す波形図、(b)は欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図42]実施の形態6の画素補間回路で複数のテスト画素について補間を行ったときの各補間演算回路の評価結果を示す図である。

[図43]実施の形態6の画素補間回路の各補間演算回路の総合評価結果を示す図である。

[図44](a)は実施の形態6の画素補間回路で処理される画素データの一例を示す波形図、(b)は欠落画素及びその近傍に位置するテスト画素を示す図である。

[図45]実施の形態6の画素補間回路で複数のテスト画素について補間を行ったときの各補間演算回路の評価結果を示す図である。

[図46]実施の形態6の画素補間回路の各補間演算回路の総合評価結果を示す図である。

[図47]実施の形態7の補間演算回路の構成を示すブロック図である。

[図48]実施の形態7の補間演算回路で処理される画素列を示す図である。

[図49]実施の形態7の補間演算回路の構成を示すブロック図である。

[図50]実施の形態7の補間演算回路で処理される画素データの一例を示す波形図である。

[図51]実施の形態8の画素補間方法における処理手順を示すフローチャートである。

[図52]実施の形態9の画素補間方法における処理手順を示すフローチャートである。

符号の説明

- [0009] 1 欠落部加算回路、1(1) 第1の欠落部加算回路、1(2) 第2の欠落部加算回路、2 非欠落部加算回路、2(1) 第1の非欠落部加算回路、2(2) 第2の非欠落部加算回路、3 差分回路、4 平均回路、5 出力回路、6(0) 左右平均補間演算回路、6(1) 第1の平均維持補間演算回路、6(2) 第2の平均維持補間演算回路、6(n-1) 第n-1の平均維持補間演算回路、6(n) 第nの平均維持補間演算回路、6(m-1) 第m-1の平均維持補間演算回路、7 管理回路、8 採点回路、9 選択信号生成部、10 出力範囲生成回路、11 制限回路、12 平均維持補間演算回路、13 出力制限部、15 周期検出回路、17 非欠落部合計算出回路、18 平均回路、19 欠落部合計算出回路、20 制御回路、21 画像データメモリ。

発明を実施するための最良の形態

- [0010] 以下に図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

以下の実施の形態で処理の対象とするのは、欠落画素の位置が予め分っている一連の画素である。このような一連の画素の例としては、例えば、上記の特許文献1に示されている、複数のチップが直線配列された撮像素子により画像情報を読取ったときに得られるものであり、この場合、隣接チップ間の境界を挟んで隣接する撮像素子相互の間隔が、同一チップ内の撮像素子相互の間隔(1ピッチ)よりも大きい場合、例えば2ピッチ程度ある場合、欠落画素があるものとして補間処理が行われる。

[0011] 欠落画素の位置が予め分っていない場合には、欠落画素の位置を検出する回路を付加することとすれば良い。

[0012] 本発明の実施の形態の幾つかは、一連の画素が周期性を有する場合に用いると効果を発揮する。

また、いくつかの実施の形態は、周期が予め分っているものとして、その周期に合わせてパラメータを設定することで最良の効果を発揮する。

周期性が予め分っていない場合には、周期を検出する回路を付加することとすれば良い。

[0013] 実施の形態1.

図1は本発明による補間演算回路の構成を示す図である。

本発明による補間演算回路は欠落部加算回路1、非欠落部加算回路2および差分回路3を備える。後に詳しく説明するように、欠落部加算回路1は、一連の画素のうち、欠落画素を含む画素の組を構成するk個の画素のうち、欠落画素以外の画素の値の和(SL)を求める。非欠落部加算回路2は、欠落画素を含まない画素の組を構成するk個の画素の値の合計を求める。差分回路3は、非欠落部加算回路2の出力(SA)から欠落部加算回路1の出力(SL)を差し引くことで欠落画素の補間データ(L)を求める。

[0014] 図2は入力画像DIの一部を示す図であり、本発明による補間演算回路において平均値を計算する2つの画素列の位置関係を示す。以下の説明では、入力画像DI中における、欠落画素の位置が予め分っているものとする。○は実在する画素(非欠落画素)を示し、×は欠落画素を示す。符号LCおよびNAはそれぞれ、一連の画素の一部をなす、互いに連続した、1次元に並んだk個の画素から成る画素列を示す。画素列LCと画素列NAは重複しない。画素列LCは欠落画素を含み、画素列NAは欠落画素を含まない。

[0015] 図1および図2を用いて、本発明による補間演算回路の動作を説明する。

本実施の形態の補間演算回路は、欠落画素Lを含む画素列LCの平均値と欠落画素Lを含まない画素列NAの平均値が等しくなるように欠落画素Lを補間する。入力画像DIは欠落部加算回路1および非欠落部加算回路2に入力される。kは本発明に

よる補間演算回路において平均値を計算する画素数を示すパラメータであり、画素列LC、画素列NAを構成する画素の数を表す。欠落部加算回路1および非欠落部加算回路2に入力される。まず、欠落部加算回路1は画素列LCに含まれるk個の画素(LC[1]、LC[2]〜LC[k-1]、L)のうち欠落画素L以外の和を部分和データSLとして出力する。部分和データSLは、

$$SL = LC[1] + LC[2] + \dots + LC[k-1]$$

となる。部分和データSLは差分回路3に入力される。

- [0016] 非欠落部加算回路2は画素列NAに含まれるk個の画素(NA[1]〜NA[k])の和を部分和データSAとして出力する。部分和データSAは、

$$SA = NA[1] + NA[2] + \dots + NA[k]$$

となる。部分和データSAは差分回路3に入力される。

- [0017] 差分回路3は部分和データSLおよびSAに基づいて画素列LCとNAの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL + L) / k = SA / k$$

となり、欠落画素Lは

$$L = SA - SL$$

となる。

- [0018] 本実施の形態による補間演算回路は、欠落画素Lを含む画素列LCと欠落画素Lを含まない画素列NAの平均値が等しくなるような特性をもつ画像データに対して欠落画素を適切に補間することができる。

- [0019] また、本実施の形態による補間演算回路は、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列の画素の値の平均値が等しくなるように欠落画素の補間データを計算するので、以下本明細書では、上記の本実施の形態による補間演算回路を平均維持補間演算回路とする。なおまた、以下の説明では、「画素列の画素の値の平均値」を簡単のため、「画素列の平均値」ということがある。同様に、「画素の値の合計」、「画素の値の和」という意味で「画素の和」、「画素の合計」ということがある。

- [0020] 次に、画像データが周期性を持つ場合について、欠落画素を補間する例を示す。図3は周期性を持つ画像データの一例を示す図である。横軸Xは画素位置を示し

、縦軸Dは濃度値を示す。

[0021] 周期性を持つ画像データについて説明する。

図3の画像データは一定の周期 P_d で一定の変化を繰り返すデータ D_{org} をサンプリング周期 P_s ごとに離散化したデータである。図3では $P_d = 5P_s$ であるので、 $P_p = P_d / P_s = 5$ を画像データの画素周期とする。画素周期 P_p は1周期当りのサンプリング数を示す。即ち画素周期は、画素の数で表した画素変化の周期である。また、図3ではデータ周期 P_d ごとにデータの値は100、143、126、74、57を繰り返すとする。

[0022] まず、画素周期 $P_p = 5$ の画像データに対して、 $k = 5$ の平均維持補間演算回路(図1)で欠落画素を補間する例を示す。

図4は図3の画像データの画素Lが欠落した場合の画像データを示す図であり、 $k = 5$ の平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素列LCおよびNAの位置関係(図2)との対応を示す。

[0023] $k = 5$ の平均維持補間演算回路の構成は、図1の k を5とした場合であるので説明を省略する。

[0024] 図1および図4を用いて $k = 5$ の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落部加算回路1は画素列LCに含まれる5個の画素(LC[1]〜LC[4]、L)のうち、欠落画素L以外の和を部分和データSLとして出力する。部分和データSLはLC[1]=143、LC[2]=74、LC[3]=57、LC[4]=100より、

$$SL = LC[1] + LC[2] + LC[3] + LC[4]$$

$$= 143 + 74 + 57 + 100$$

$$= 374$$

となる。

[0025] 非欠落部加算回路2は画素列NAに含まれる5個の画素(NA[1]〜NA[5])の和を部分和データSAとして出力する。部分和データSAはNA[1]=57、NA[2]=100、NA[3]=143、NA[4]=126、NA[5]=74より、

$$SA = NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + NA[5]$$

$$= 57 + 100 + 143 + 126 + 74$$

$$= 500$$

となる。

- [0026] 差分回路3は部分和データSLおよびSAに基づいて画素列LCとNAの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL + L) / 5 = SA / 5$$

となり、欠落画素Lは

$$L = SA - SL$$

$$= 500 - 374$$

$$= 126$$

となる。

- [0027] 図3に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、 $k=5$ の平均維持補間演算回路の補間データは原データに対して誤差=0である。 $k=5$ の平均維持補間演算回路は5画素周期の画像データに対して欠落画素を適切に補間することができる。

- [0028] 次に、画素周期 $P_p=5$ の画像データに対して、 $k=3$ の平均維持補間演算回路で欠落画素を補間する例を示す。

図5は図3の画像データの画素Lが欠落した場合の画像データを示す図であり、 $k=3$ の平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素列LCおよびNAの位置関係(図2)との対応を示す。

- [0029] $k=3$ の平均維持補間演算回路の構成は図1の k を3とした場合であるので、説明を省略する。

- [0030] 図1および図5を用いて $k=3$ の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落部加算回路1は画素列LCに含まれる3個の画素(LC[1]、LC[2]、L)のうち、欠落画素L以外の和を部分和データSLとして出力する。部分和データSLはLC[1]=143、LC[2]=74より、

$$SL = LC[1] + LC[2]$$

$$= 143 + 74$$

$$= 217$$

となる。

[0031] 非欠落部加算回路2は画素列NAに含まれる3個の画素(NA[1]~NA[3])の和を部分和データSAとして出力する。部分和データSAはNA[1]=100、NA[2]=143、NA[3]=126より、

$$\begin{aligned} SA &= NA[1] + NA[2] + NA[3] \\ &= 100 + 143 + 126 \\ &= 369 \end{aligned}$$

となる。

[0032] 差分回路3は部分和データSLおよびSAに基づいて画素列LCとNAの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL + L) / 3 = SA / 3$$

となり、欠落画素Lは

$$\begin{aligned} L &= SA - SL \\ &= 369 - 217 \\ &= 152 \end{aligned}$$

となる。

[0033] 図3に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、k=3の平均維持補間演算回路の補間データは原データに対して $|152 - 126| = 26$ の誤差を持つ。

[0034] 図5の画像データは画素周期 $P_p = 5$ ごとにデータ100、143、126、74、57を繰り返すので、画像データ内の連続する任意の5画素の値の平均値は、

$$(100 + 143 + 126 + 74 + 57) / 5 = 100$$

より、一定となる。また画素周期 P_p の整数倍、すなわち、 $N * P_p$ 画素分の平均値についても同様に、

$$N * (100 + 143 + 126 + 74 + 57) / N * 5 = 100$$

となり、一定となる(Nは正の整数)。

[0035] 図4のk=5の平均維持補間演算回路の例ではパラメータkが画素周期 P_p と等しいため、欠落画素を含む画素列LCの平均値と欠落画素を含まない画素列NAの平均値はともに100となり、差分回路3の方程式によって欠落画素の補間データを適切に求めることができる。

- [0036] 図5の $k=3$ の平均維持補間演算回路の例ではパラメータ k が画素周期 P_p の整数倍ではないため、欠落画素の補間データは誤差を持つ。
- [0037] 平均維持補間演算回路は、上記のように、パラメータ k が画素周期 P_p 又はその整数倍に略等しい場合に補間データの誤差が小さくなるので、例えば図6に示すように、画像データDIを受けて画素周期 P_p を検出する周期検出回路15を付加し、検出された画素周期 P_p に基づいてパラメータ k を定めるようにしても良い。
- [0038] なお、上記の説明では、欠落画素の位置が予め分っているものとしているが、欠落画素の位置が分からない場合には、欠落画素の位置を検出する回路を付加することでも良い。このような回路としては、例えば公知の誤り訂正回路を用いることができる。
- [0039] このようにして、平均維持補間演算回路のパラメータ k が画素周期 P_p と等しい場合、欠落画素を適切に補間することができる。また、平均維持補間演算回路のパラメータ k が画素周期 P_p の整数倍($k=N * P_p$)となる場合も同様に、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列の平均値が等しくなり、差分回路3の方程式によって欠落画素の補間データを適切に求めることができる。
- [0040] また、上記の実施の形態のように、欠落画素 L を含む画素列 LC と、欠落画素 L を含まない画素列 NA とがともにそれぞれ k 個の画素から成るように構成し、欠落部加算回路1で欠落画素 L を含む画素列 LC のうち、欠落画素 L 以外の画素の値の合計を求め、非欠落部加算回路2で欠落画素 L を含まない画素列 NA を構成する画素の値の合計を求めるようにすれば、これらの合計の差を求めることで、2つの画素列の画素の値の平均値が互いに等しくなるように欠落画素の補間データを求めることができる。即ち、各画素列について平均値を求める計算はしなくても、平均値が互いに等しくなるように画素の補間データを定めることができる。
- [0041] 実施の形態2.

図7は図2と同様に入力画像DIの一部を示す図であり、平均維持補間演算回路において平均値を計算する2つの画素列の位置関係を示す。符号 LC および NA はそれぞれ一連の画素の一部を成す、互いに連続した、1次元に並んだ k 個の画素から成る画素列を示す。画素列 LC と画素列 NA は i 画素重複する。画素列 LC は欠落画

素を含み、画素列NAは欠落画素を含まない。また、符号NA'は画素列NAのうち画素列LCと重複しない領域乃至部分を示し、符号LC'は画素列LCのうち画素列NAと重複しない部分を示し、符号ADは画素列NAと画素列LCのうち互いに重複する部分を示す。

図示のように欠落画素Lが重複部分AD内に含まれないように画素列が構成される。

[0042] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路の構成・動作は図1および図2による構成・動作と同様であるので説明を省略する。

[0043] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路は、実施の形態1で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の平均維持補間演算回路と同様に、平均維持補間演算回路のパラメータkが画素周期Ppの整数倍($k = N * Pp$)となる場合、欠落画素を含む画素列LCの平均値と欠落画素を含まない画素列NAの平均値が等しくなり、欠落画素を適切に補間することができる。

これに加え、以下に詳しく述べるように、平均維持補間演算回路のパラメータkから重複部分の画素数iを引いた値が画素周期Ppの整数倍($(k-i) = N * Pp$)となる場合にも、欠落画素を含む画素列LCの平均値と欠落画素を含まない画素列NAの平均値が等しくなり、欠落画素を適切に補間することができる。

[0044] 図7に示すように、画素列LCの部分和数据SLは画素列LC'の部分和数据SL'および画素列ADの部分和数据SADより、

$$SL = SL' + SAD$$

となる。また、画素列NAの部分和数据SAは画素列NA'の部分和数据SA'および画素列ADの部分和数据SADより、

$$SA = SA' + SAD$$

[0045] 画素列LCとNAが等しくなるように方程式を作ると

$$(SL + L) / k = SA / k$$

となり、部分和数据SLおよびSAをそれぞれ代入すると、

$$(SL' + SAD + L) / k = (SA' + SAD) / k$$

となる。

- [0046] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複することによって、画素列NAの部分和数据SADが相殺され、方程式は、

$$(SL' + L) / k = SA' / k$$

となる。両辺に $k / (k-i)$ をかけると

$$(SL' + L) / (k-i) = SA' / (k-i)$$

となり、方程式は、画素列NAの重複しない部分の画素列NA'と画素列LCの重複しない部分の画素列LC'にそれぞれ含まれる $(k-i)$ 個の画素列の平均値が等しいことを示す。

- [0047] よって、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路は、画素列NA'とLC'の平均値が等しくなるような特性をもつ画像データ対しても適切に補間することができる。

- [0048] まず、画素周期 $P_p = 5$ の画像データに対して、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複する $k = 9$ の平均維持補間演算回路で欠落画素を補間する例を示す。

図8は図3の画像データの画素Lが欠落した場合の画像データを示す図であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複する $k = 9$ の平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素列LCおよびNAの位置関係(図7)との対応を示す。

- [0049] $k = 9$ の平均維持補間演算回路の構成は図1の k を9とした場合と同様であるので、説明を省略する。

- [0050] 図1および図8を用いて、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複する $k = 9$ の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落部加算回路1は画素列LCに含まれる9個の画素(AD[1]〜AD[4]、L、LC[1]〜LC[4])のうち、欠落画素L以外の和を部分和数据SLとして出力する。部分和数据SLはAD[1]=74、AD[2]=57、AD[3]=100、AD[4]=143、LC[1]=74、LC[2]=57、LC[3]=100、LC[4]=143より、

$$\begin{aligned}
 SL &= AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + LC[1] + LC[2] + LC[3] + LC[4] \\
 &= 74 + 57 + 100 + 143 + 74 + 57 + 100 + 143 \\
 &= 748
 \end{aligned}$$

となる。

- [0051] 非欠落部加算回路2は画素列NAに含まれる9個の画素 (NA[1]〜NA[5]、AD[1]〜AD[4]) の和を部分和データSAとして出力する。部分和データSAはNA[1]=74、NA[2]=57、NA[3]=100、NA[4]=143、NA[5]=126、AD[1]=74、AD[2]=57、AD[3]=100、AD[4]=143より、
- $$\begin{aligned}
 SA &= NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + NA[5] + AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] \\
 &= 74 + 57 + 100 + 143 + 126 + 74 + 57 + 100 + 143 \\
 &= 874
 \end{aligned}$$

となる。

- [0052] 差分回路3は部分和データSLおよびSAに基づいて画素列LCとNAの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、
- $$(SL + L) / 9 = SA / 9$$
- となり、欠落画素Lは
- $$\begin{aligned}
 L &= SA - SL \\
 &= 874 - 748 \\
 &= 126
 \end{aligned}$$

となる。

- [0053] 図3に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複するk=9の平均維持補間演算回路の補間データは原データに対して誤差=0である。欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複するk=9の平均維持補間演算回路は5画素周期の画像データに対して欠落画素を適切に補間することができる。

- [0054] 次に、画素周期Pp=5の画像データに対して、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が5画素重複するk=9の平均維持補間演算回路で欠落画素を補

間する例を示す。

図9は図3の画像データの画素Lが欠落した場合の画像データを示す図であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が5画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素列LCおよびNAの位置関係(図7)との対応を示す

[0055] $k=9$ の平均維持補間演算回路の構成は図1の k を9とした場合であるので、説明を省略する。

[0056] 図1および図9を用いて $k=9$ の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落部加算回路1は画素列LCに含まれる9個の画素(AD[1]〜AD[5]、L、LC[1]〜LC[3])のうち、欠落画素L以外の和を部分和数据SLとして出力する。部分和数据SLはAD[1]=126、AD[2]=74、AD[3]=57、AD[4]=100、AD[5]=143、LC[1]=74、LC[2]=57、LC[3]=100より、

$$\begin{aligned} SL &= AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + AD[5] + LC[1] + LC[2] + LC[3] \\ &= 126 + 74 + 57 + 100 + 143 + 74 + 57 + 100 \\ &= 731 \end{aligned}$$

となる。

[0057] 非欠落部加算回路2は画素列NAに含まれる9個の画素(NA[1]〜NA[4]、AD[1]〜AD[5])の和を部分和数据SAとして出力する。部分和数据SAはNA[1]=74、NA[2]=57、NA[3]=100、NA[4]=143、AD[1]=126、AD[2]=74、AD[3]=57、AD[4]=100、AD[5]=143より、

$$\begin{aligned} SA &= NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + AD[5] \\ &= 74 + 57 + 100 + 143 + 126 + 74 + 57 + 100 + 143 \\ &= 874 \end{aligned}$$

となる。

[0058] 差分回路3は部分和数据SLおよびSAに基づいて画素列LCとNAの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL + L) / 9 = SA / 9$$

となり、欠落画素Lは

$$L = SA - SL$$

$$= 874 - 731$$

$$= 143$$

となる。

- [0059] 図3に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が5画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の補間データは原データに対して $|143-126| = 17$ の誤差を持つ。
- [0060] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路は、実施の形態1で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の平均維持補間演算回路と同様に、パラメータ k が画素周期 P_p の整数倍 ($k=N * P_p$) となる場合に欠落画素を適切に補間することができる。
- [0061] さらに、図8の欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の例では、画素列LCとNAが重複しない部分の画素数が画素周期 P_p と等しいため、画素列LCとNAが重複しない部分LC'およびNA'の平均値がともに100となり、差分回路3によって欠落画素の補間データを適切に求めることができる。
- [0062] 図9の欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が5画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の例では、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分の画素数が画素周期 P_p の整数倍ではないため、欠落画素の補間データは誤差を持つ。
- [0063] このようにして、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分の画素数が画素周期 P_p と等しい場合、欠落画素を適切に補間することができる。また、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分の画素数が画素周期 P_p の整数倍 ($k-i=N * P_p$) となる場合も同様に、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分の平均値が等しくなり、欠落画素を適切に補間することができる。

[0064] 平均維持補間演算回路は、上記のように、重複しない部分の画素数($k-i$)が画素周期 P_p 又はその整数倍に略等しい場合に補間データの誤差が小さくなるので、例えば図6に示したのと同様に、画像データDIを受けて画素周期 P_p を検出する周期検出回路15を付加し、検出された画素周期 P_p に基づいてパラメータ k 及び i を定めるようにしても良い。

[0065] 実施の形態3.

図10は欠落画素を含む画素列の平均値と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくするように欠落画素の補間を行う平均維持補間演算回路の構成を示す図である。

[0066] 欠落画素を含む画素列の平均値と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくする場合の平均維持補間演算回路は、欠落部加算回路1、第1の非欠落部加算回路2(1)、第2の非欠落部加算回路2(2)、差分回路3および平均回路4を備える。

[0067] 図11は図2と同様に入力画像DIの一部を示し、平均維持補間演算回路において平均値を計算する3つの画素列の位置関係を示す。画素列LC、NAおよびNBはそれぞれ1次元に k 個の画素が並んだ画素列であり、画素列LCと画素列NAおよび画素列LCと画素列NBはそれぞれ i 画素重複する。画素列LCは欠落画素を含み、画素列NAおよびNBは欠落画素を含まない。また、符号 NA' はNAにおいてLCと重複しない部分を示し、符号 NB' は画素列NBにおいて画素列LCと重複しない部分を示し、符号 LCA' は画素列LCにおいて画素列NAと重複しない部分を示し、符号 LCB' は画素列LCにおいて画素列NBと重複しない部分を示す。また、符号ADは画素列NAと画素列LCが重複する部分を示し、符号BDは画素列NBと画素列LCが重複する部分を示す。

[0068] また、図12に示すように、欠落画素を含む画素列LC、欠落画素を含まない画素列NAおよびNBを2次元的に設定して良い。

即ち、一連の画素が、図12に示すように、複数の行に分割されてマトリクス状に配列され、それぞれ複数の行の一部をなし、各行内において互いに連続した画素から成る複数の画素列で画素の組を構成することとしても良い。この場合、上記の画素列

の代わりに画素の組相互間で平均値が互いに等しくなるようにする。図2や図11に示したのは、画素の組を構成する画素列が1である例であると考えることができる。

[0069] また、例えば図13に示すように欠落画素を含まない画素列を複数設定しても良い。また、欠落画素を含まない画素列は欠落画素を含む画素列に対してずらして設定しても良い。即ち、複数の非欠落画素列(NA、NB、NC)が互いに異なる行の画素から成るようにしても良い。

図13に示す例では欠落画素を含まない画素列が3つ示されているが、この場合には、図10の構成において、非欠落部加算回路(図10の非欠落部加算回路2(1)、2(2)に類似のもの)を3つ設け、それらの出力の平均を求めるようにすれば良い。

[0070] 図10および図11を用いて、欠落画素を含む画素列の平均値と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくする場合の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくする場合の平均維持補間演算回路は、欠落画素Lを含む画素列LCの平均値と欠落画素Lを含まない画素列NAおよびNBの平均値が等しくなるように欠落画素Lを補間する。入力画像DIは欠落部加算回路1、第1の非欠落部加算回路2(1)および第2の非欠落部加算回路2(2)に入力される。kは図1と同様に平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素数を示すパラメータであり、欠落部加算回路1、第1の非欠落部加算回路2(1)および第2の非欠落部加算回路2(2)に入力される。まず、欠落部加算回路1は画素列LCに含まれるk個の画素(AD[1]〜AD[i]、LC[1]〜LC[k-2i-1]、BD[1]〜BD[i])のうち、欠落画素L以外の和を部分和数据SLとして出力する。部分和数据SLは、

$$SL = AD[1] + \dots + AD[i] + LC[1] + \dots + LC[k-2i-1] + BD[1] + \dots + BD[i]$$

となる。部分和数据SLは差分回路3に入力される。

[0071] 第1の非欠落部加算回路2(1)は画素列NAに含まれるk個の画素(NA[1]〜NA[k-i]、AD[1]〜AD[i])の和を部分和数据SAとして出力する。部分和数据SAは、

$$SA = NA[1] + \dots + NA[k-i] + AD[1] + \dots + AD[i]$$

となる。部分和数据SAは平均回路4に入力される。

- [0072] 第2の非欠落部加算回路2(2)は画素列NBに含まれるk個の画素(BD[1]〜BD[i]、NB[1]〜NB[k-i])の和を部分和数据SBとして出力する。部分和数据SBは、

$$SB = BD[1] + \dots + BD[i] + NB[1] + \dots + NB[k-i]$$

となる。部分和数据SBは平均回路4に入力される。

- [0073] 平均回路4は欠落画素を含まない2つの画素列の部分和数据SAおよびSBの平均値を平均データANとして出力する。平均データANは、

$$AN = (SA + SB) / 2$$

となる。

- [0074] 差分回路3は部分和数据SLおよび平均データANに基づいて画素列LC、NAおよびNBの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL + L) / k = (SA / k + SB / k) / 2$$

すなわち、

$$(SL + L) / k = AN / k$$

となり、欠落画素Lは

$$L = AN - SL$$

となる。

- [0075] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくする場合の平均維持補間演算回路は、欠落画素を含む画素列LCと欠落画素含まない2つの画素列NAおよびNBの平均値が等しくなるような特性をもつ画像データに対して適切に補間することができる。さらに、実施の形態2で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路と同様に、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分NA'とLC A'の平均値およびNB'とLCB'の平均値が等しくなるような画像データに対しても適切に補間することができる。また、欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を求めることにより、ノイズ等による補間誤差を減らし、補間精度を上げることができる。

[0076] 画素周期 $P_p=5$ の画像データに対して、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列がそれぞれ4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路で欠落画素を補間する例を示す。

図14は図3の画像データの画素Lが欠落した場合の画像データを示す図であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列の平均値を等しくする場合の $k=9$ の平均維持補間演算回路において平均値を計算する画素列LC、NAおよびNBの位置関係(図11)との対応を示す。LCとNAおよびLCとNBはそれぞれ4画素重複する。

[0077] 欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列がそれぞれ4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の構成は図10の k を9とした場合であるので、説明を省略する。

[0078] 図10および図14を用いて、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列がそれぞれ4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の動作を説明する。

欠落部加算回路1は画素列LCに含まれる9個の画素($AD[1] \sim AD[4]$ 、 L 、 $BD[1] \sim BD[4]$)のうち欠落画素L以外の和を部分和数据SLとして出力する。部分和数据SLは $AD[1]=74$ 、 $AD[2]=57$ 、 $AD[3]=100$ 、 $AD[4]=143$ 、 $BD[1]=74$ 、 $BD[2]=57$ 、 $BD[3]=100$ 、 $BD[4]=143$ より、

$$SL = AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + BD[1] + BD[2] + BD[3] + BD[4]$$

$$= 74 + 57 + 100 + 143 + 74 + 57 + 100 + 143$$

$$= 748$$

となる。

[0079] 第1の非欠落部加算回路2(1)は画素列NAに含まれる9個の画素($NA[1] \sim NA[5]$ 、 $AD[1] \sim AD[4]$)の和を部分和数据SAとして出力する。部分和数据SAは $NA[1]=74$ 、 $NA[2]=57$ 、 $NA[3]=100$ 、 $NA[4]=143$ 、 $NA[5]=126$ 、 $AD[1]=74$ 、 $AD[2]=57$ 、 $AD[3]=100$ 、 $AD[4]=143$ より、

$$SA = NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + NA[5] + AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4]$$

$$=74+57+100+143+126+74+57+100+143$$

$$=874$$

となる。

- [0080] 第2の非欠落部加算回路2(2)は画素列NBに含まれる9個の画素(BD[1]〜BD[4]、NB[1]〜NB[5])の和を部分和数据SBとして出力する。部分和数据SBはBD[1]=74、BD[2]=57、BD[3]=100、BD[4]=143、NB[1]=126、NB[2]=74、NB[3]=57、NB[4]=100、NB[5]=143より、
SB=BD[1]+BD[2]+BD[3]+BD[4]+NB[1]+NB[2]+NB[3]+NB[4]+NB[5]

$$=74+57+100+143+126+74+57+100+143$$

$$=874$$

となる。

- [0081] 平均回路4は部分和数据SAおよびSBの平均値を平均データANとして出力する。平均データANは

$$AN=(SA+SB)/2$$

$$=(874+874)/2$$

$$=874$$

となる。

- [0082] 差分回路3は部分和数据SLおよび平均データANに基づいて画素列LC、NAおよびNBの平均値が等しくなるように方程式を作り、欠落画素Lの補間データを求める。方程式は、

$$(SL+L)/9=(SA/9+SB/9)/2$$

すなわち、

$$(SL+L)/9=AN/9$$

となり、欠落画素Lは

$$L=AN-SL$$

$$=874-748$$

$$=126$$

となる。

[0083] 図3に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列がそれぞれ4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路の補間データは原データに対して誤差=0である。欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列がそれぞれ4画素重複する $k=9$ の平均維持補間演算回路は画素周期 $P_p=5$ の画像データに対して欠落画素を適切に補間することができる。

[0084] このようにして、実施の形態2と同様に、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が重複しない部分の画素数が、画素周期 P_p の整数倍($k-i=N * P_p$)となる画像データに対して欠落画素を適切に補間することができる。

[0085] さらに、実施の形態1と同様に、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路は、パラメータ k が画素周期 P_p の整数倍($k=N * P_p$)となる場合にも欠落画素を適切に補間することができる。

[0086] また、欠落画素を含まない部分の平均値を2つ計算することにより、欠落画素を含まない画素列NAおよびNBのどちらか一方にノイズが含まれても、平均回路4によりノイズ成分も平均化されるので、ノイズ等による補間誤差を減らし、補間精度を上げることができる。

[0087] なお、図10の構成では、第1及び第2の非欠落部加算回路2(1)及び2(2)、並びに平均回路4により、欠落画素を含まない画素列を構成する k 個の画素の値の合計を求める非欠落部合計算出回路17が構成されている。

図1の構成では、非欠落部加算回路2のみでこのような非欠落部合計算出回路17が構成されていると考えることができる。

また、図10の構成において、欠落部加算回路1の代わりに、図15に示すように、複数の欠落部加算回路1(1)、1(2)と、それらの出力を平均する平均回路18とを設け、これらにより、欠落画素を含む画素列を構成する k 個の画素のうち、欠落画素以外の画素の値の合計SLを求める欠落部合計算出回路19を構成することとしても良い。

図1や図10の構成では、欠落部加算回路1のみで、このような欠落部合計算出回路19が構成されていると考えることができる。

従って、図1、図10の構成を一般化して描くと、図16に示すごとくとなる。

[0088] 実施の形態4.

図17は、実施の形態4による画素補間回路の構成を示す図である。この画素補間回路は、複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n-1)、即ち第1の平均維持補間演算回路6(1)、第2の平均維持補間演算回路6(2)、…、第n-1の平均維持補間演算回路6(n-1))を備えている。これらの平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n-1)は、パラメータk又はパラメータkからiを引いたもの(k-i)が互いに異なる値に設定されている。例えば、第1の平均維持補間演算回路6(1)にはパラメータk=2が入力され、同様に第2の平均維持補間演算回路6(2)、…、第n-1の平均維持補間演算回路6(n-1)に、パラメータk=3、…、knがそれぞれ入力され、設定される。

出力回路5は、例えば選択信号Cに基づいて、複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n-1)がそれぞれ出力する補間データの1つを選択して、欠落画素のデータとして出力する。

[0089] 図18は実施の形態1で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の $k=k_j$ の平均維持補間演算回路において、画素周期と補間誤差の関係を表すグラフである。横軸 P_p は周期性のある画像データの画素周期を示し、縦軸Eは補間誤差を示す。

[0090] $k=k_j$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係について説明する。

実施の形態1で示したように、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の平均維持補間演算回路は、パラメータkが画素周期 P_p の整数倍($k=N * P_p$)となる場合に欠落画素を適切に補間することができる。

[0091] よって、図18に示すように、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の $k=k_j$ の平均維持補間演算回路は、画素周期 P_p が $P_p=k_j / N a_1, k_j / N a_2, \dots, k_j (N a_1 > N a_2 > \dots > 0, N a_1, N a_2, \dots \text{は } k_j \text{ の約数})$ となる画像データを補間する場合に補間誤差Eは0又は最小となる。また、補間する画像データの画素周期 P_p が $P_p=k_j / N a_1, k_j / N a_2, \dots, k_j$ となる画素周期 P_p から離れるほど、補間誤差Eは大きくなる。

[0092] 図19は欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない場合の $k=2, 3, 4, kn-1, kn$ の平均維持補間演算回路において画素周期と補間誤差の関係を表すグラフである。図19(a)は $k=2$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を示し、図19(b)は $k=3$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を示し、図19(c)は $k=4$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を示し、図19(d)は $k=kn-1$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を示し、図19(e)は $k=kn$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を示す。

[0093] $k=2, 3, 4, kn-1, kn$ の平均維持補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係について説明する。

$k=2$ の平均維持補間演算回路はパラメータ k が素数であるので $P_p=2$ となる画像データにおいてのみ補間誤差 E が0又は最小となる。 $k=3$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p=3$ となる画像データにおいてのみ補間誤差 E が0又は最小となる。 $k=4$ の平均維持補間演算回路については、図18で示したように、パラメータ $k=4$ の約数である $P_p=2$ なる画像データと $P_p=4$ となる画像データにおいて補間誤差 E が0又は最小となるが、グラフを簡単に表現するために、 $P_p=4$ 近辺の特性のみグラフに示す。 $k=kn-1$ の平均維持補間演算回路についても $k=4$ の平均維持補間演算回路と同様に、 $P_p=kn-1$ 近辺の特性のみグラフに示す。 $k=kn$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p=kn$ 近辺の特性のみグラフに示す。

[0094] 図20は欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない $k=2 \sim k=kn$ の平均維持補間演算回路において、画素周期と補間誤差の関係を表すグラフおよびそれぞれの平均維持補間演算回路が得意とする(比較的小さい誤差で補間を行い得る)画素周期 P_p の範囲を示す図である。図20(a)は図19(a)～図19(e)の5つのグラフを1つの座標軸上に重ねたグラフを示す。図20(b)はそれぞれの平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲を示す図である。 R_2 は $k=2$ の平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲を示す。 $R_3 \sim R_n$ は $k=3 \sim k=kn$ の平均維持補間演算回路の補間誤差がそれぞれ最も小さくなる範囲を示す。図20(c)は $k=2 \sim k=kn$ の平均維持補間演算回路がそれぞれ得意とする画素

周期 P_p の範囲を示す。

- [0095] $k=2 \sim k=kn$ の平均維持補間演算回路がそれぞれ得意とする画素周期について説明する。

$k=2$ の平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲は、 P_p の最小値から $k=2$ の平均維持補間演算回路のグラフと $k=3$ の平均維持補間演算回路のグラフと交差する点までの範囲(図20(b)の R_2 に相当)である。 $k=3$ の平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲は、 $k=3$ の平均維持補間演算回路のグラフが $k=2$ の平均維持補間演算回路のグラフと交差する点から $k=4$ の平均維持補間演算回路のグラフと交差する点までの範囲(図20(b)の R_3 に相当)である。 $k=4$ 、 $kn-1$ 、 kn の平均維持補間演算回路についても同様に、 R_4 、 R_{n-1} 、 R_n で示した範囲がそれぞれの平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲となる。

- [0096] よって、図20(c)に示すように、それぞれの平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる範囲が、それぞれの平均維持補間演算回路が得意とする画素周期 P_p の範囲となる。

- [0097] 以下、図17に示す画素補間回路の動作を説明する。

入力画像DIは第1の平均維持補間演算回路6(1)～第 $n-1$ の平均維持補間演算回路6($n-1$)に入力される。上記のように、例えばパラメータ $k=2$ は第1の平均維持補間演算回路6(2)に入力される。同様にパラメータ $k=3$ 、 \dots 、 kn は第2の平均維持補間演算回路6(2)、 \dots 、第 $n-1$ の平均維持補間演算回路6($n-1$)にそれぞれ入力される。

- [0098] 第1の平均維持補間演算回路6(1)は入力画像DIおよびパラメータ $k=2$ に基づいて欠落画素の補間データD1を出力する。第2の平均維持補間演算回路6(2)、 \dots 、第 $n-1$ の平均維持補間演算回路6($n-1$)も同様に入力画像DIおよびパラメータ $k=3$ 、 \dots 、 kn に基づいて欠落画素の補間データD2～D $n-1$ をそれぞれ出力する。補間データD1～D $n-1$ は出力回路5に入力される。例えば後述のようにして生成される選択信号Cが出力回路5に入力される。出力回路5は選択信号Cに基づいて補間データD1～D $n-1$ のうち1つを選択し、欠落画素の補間データDOとして出力する。

- [0099] 図17に示した画素補間回路はパラメータの異なる平均維持補間演算回路を複数

個備えることにより、図20(b)の補間誤差の特性を実現できるので、図20(c)で示したように小さい周期の画像データから大きい周期の画像データまで広範囲に適用することができる。

[0100] 実施の形態5.

図21は実施の形態5による画素補間回路の構成を示す。

この画素補間回路は、図17の構成に加え、左右平均補間演算回路6(0)を備えている。平均維持補間演算回路6(1)乃至6(m-1)は、図17の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n-1)と同様のものであり、m-1個設けられている。このmは図17の構成のnと同じ値でも良いが、後述のようなnよりも小さな値とすることができる。言換えれば左右平均補間演算回路6(0)を設ける場合には、平均維持補間演算回路の数を減らすことができる。

左右平均補間演算回路6(0)は、欠落画素の左右に位置する隣接画素の値の平均値を補間データとして生成する。なお、ここで言う「左右」は一連の画素を水平方向に並べて描いたとき、欠落画素の左右に位置することを意味するものであり、一連の画素を時系列データとするときは、「前後」に位置するものがこれに相当する。

出力回路5は、例えば選択信号(C)に基づいて、前記複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(m-1)及び左右平均補間演算回路6(0)が出力する補間データの1つを選択して欠落画素のデータとして出力する。

[0101] 図22は画素周期 $P_p=2, 3, 4, kn$ の画像データにおいて、左右平均補間演算回路を用いて画素を補間する方法を説明するための図である。図22では、周期的に変化する画素の極大値(各周期内のピーク値)を補間する場合を示している。左右平均補間演算回路で補間を行う場合、図示のような極大値の補間の場合に誤差が最大となる。従って、極大値について誤差を検討すれば、最大誤差を検討したことになる。

[0102] 図22(a)は画素周期 $P_p=2$ の画像データを示す波形図であり、図22(b)は画素周期 $P_p=3$ の画像データを示す波形図であり、図22(c)は画素周期 $P_p=4$ の画像データを示す波形図であり、図22(d)は画素周期 $P_p=kn$ の画像データを示す波形図である。それぞれの波形図においてLは補間すべき欠落画素を示し、LLは欠落画素Lの左に隣接する画素を示し、LRは欠落画素Lの右に隣接する画素を示し、LAは

左右平均補間演算回路によって生成される補間データを示し、 $E_2 \sim E_n$ はそれぞれ補間データと原データの誤差を示す。

- [0103] 画素周期 $P_p = 2, 3, 4, kn$ の画像データにおける左右平均補間演算回路の補間誤差について説明する。

図22(a)～図22(d)に示すように、左右平均補間演算回路は欠落画素Lの左に隣接する画素LLと欠落画素の右に隣接する画素LRの平均値を欠落画素Lの補間データLAとする。補間データLAは

$$LA = (LL + LR) / 2$$

となる。また、それぞれの波形図において補間データLAと欠落画素Lの原データの差が補間誤差 $E_2 \sim E_n$ となる。

- [0104] それぞれの画像において極大値を補間する場合、画素周期 P_p が大きくなるほど補間誤差は小さくなる。左右平均補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を図23に示す。

- [0105] 図24は平均維持補間演算回路において画素周期と補間誤差の関係を表すグラフおよび $k = 2 \sim kn$ の平均維持補間演算回路と左右平均補間演算回路が得意とする画素周期 P_p の範囲を示す図である。

- [0106] 左右平均補間演算回路が得意とする画素周期 P_p の範囲について説明する。

図24(a)は図23で示した左右平均補間演算回路における画素周期と補間誤差の関係を表すグラフである。

E_p は視認上許容できる誤差の上限値を示す。

- [0107] 図24(a)で示したように、左右平均補間演算回路は画素周期 P_p が大きくなるほど補間誤差 E が小さくなるので、 $P_p = km + 1 \sim kn$ の画像データでは補間誤差 E が視認上許容できる誤差の上限値 E_p より小さくなる。よって、Raveで示す範囲、即ち $P_p = km + 1 \sim kn$ の画像データでは左右平均補間演算回路を欠落画素の補間に使うことができる。

- [0108] 図24(b)は図20(c)で示した $k = 2 \sim k = kn$ の平均維持補間演算回路が得意とする画素周期 P_p の範囲を示す。図24(a)で示したように、 $P_p = km + 1 \sim kn$ の画像データでは左右平均補間演算回路を欠落画素の補間に使うことができるので、図17の

パラメータ $k = k_m + 1 \sim k_n$ ($m < n$ と仮定する)の平均維持補間演算回路の出力の代わりに、左右平均補間演算回路の出力を用いることができる。したがって、パラメータ $k = k_m + 1 \sim k_n$ ($m < n$ と仮定する)の平均維持補間演算回路を省略することができる。

[0109] 図17の構成における $k = k_m + 1 \sim k_n$ の平均維持補間演算回路を左右平均補間演算回路に置き換えることにより、平均維持補間演算回路の種類を削減することができる。よって、広範囲の画素周期に適用できる画素補間回路の回路規模を縮小することができる。

[0110] また、左右平均補間演算回路と複数の補間演算回路による画素補間回路は図25に示すような補間誤差の特性を持つ。図25は図20(b)で示したグラフと同様に、 R_2 では $k = 2$ の平均維持補間演算回路の補間誤差が最も小さくなり、同様に $R_3 \sim R_m$ では $k = 3 \sim k_m$ の平均維持補間演算回路の補間誤差がそれぞれ最も小さくなる。 R_{ave} では左右平均補間演算回路の補間誤差が最も小さくなる。

[0111] 図26は実施の形態2および実施の形態3で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が i 画素重複する場合の $k = k_j$ の平均維持補間演算回路において、画素周期 P_p と補間誤差の関係を表すグラフである。

[0112] 画素周期と補間誤差の関係について説明する。

実施の形態2および実施の形態3で示したように、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が i 画素重複する場合の平均維持補間演算回路は、パラメータ k が画素周期 P_p の整数倍($k = N * P_p$)、又は欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が重複しない部分の画素数 $k - i$ が画素周期 P_p の整数倍($k - i = N * P_p$)となる場合に欠落画素を適切に補間することができる。

[0113] 図26(a)に示すように、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が i 画素重複する場合の $k = k_j$ の平均維持補間演算回路は、画素周期 P_p が $P_p = k_j / N_{a1}, \dots, k_j / N_{a2}, \dots, k_j$ ($N_{a1} > \dots > 0$, N_{a1}, \dots は k_j の約数)となる画像データを補間する場合に補間誤差 E は0又は最小となり、補間する画像データの画素周期 P_p が $P_p = k_j / N_{a1}, k_j / N_{a2}, \dots, k_j$ となる画素周期 P_p から離れるほど、補間誤差 E は大きくなる。

[0114] さらに、図26(b)に示すように、画素周期 P_p が $P_p = (k_j - i) / N_{b1}, \dots, (k_j - i) / N_{b2}, \dots, (k_j - i)$ ($N_{b1}, \dots, N_{b2}, \dots$ は $k_j - i$ の約数)となる画像データを補間する場合に補間誤差 E は0又は最小となり、補間する画像データの画素周期 P_p が $P_p = (k_j - i) / N_{b1}, (k_j - i) / N_{b2}, \dots, (k_j - i)$ となる画素周期 P_p から離れるほど、補間誤差 E は大きくなる。

… >0 、NB1、…は $kj-i$ の約数)となる画像データを補間する場合にも補間誤差 E は0又は最小となり、画素周期 P_p が $P_p = (kj-i) / Nb1, \dots, kj-i$ となる画素周期 P_p から離れるほど、補間誤差 E は大きくなる。

[0115] よって、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が i 画素重複する場合の平均維持補間演算回路における画素周期 P_p と補間画素の関係は図26(a)のグラフと図26(b)のグラフを合わせた図26(c)のグラフのようになる。

[0116] 図27は実施の形態3で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列による平均維持補間演算回路において、欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない画素列NAおよびNBの位置関係の1例を示す図である。図27(a)は $k=3, i=1$ の場合の欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない画素列NAおよびNBの位置関係を示す。図27(b)は $k=5, i=2$ の場合の欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない画素列NAおよびNBの位置関係を示す。図27(c)は $k=kn, i=(kn-1)/2$ の場合の欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない画素列NAおよびNBの位置関係を示す。

[0117] 図27で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列による平均維持補間演算回路において、パラメータ k および i と適切に補間できる画像データの画素周期 P_p の関係について説明する。

図26に示したように、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が i 画素重複する $k=kj$ の平均維持補間演算回路は、画素周期 P_p が $P_p = kj / Na1, \dots, kj$ となる画像データ、又は $P_p = (kj-i) / Nb1, \dots, kj-i$ となる画像に対して適切に補間できるので、図27(a)に示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が1画素重複する $k=3$ の平均維持補間演算回路は、 $P_p = k=3$ 、又は $P_p = k-i=2$ となる画像データに対して適切に補間することができる。

[0118] 図27(b)に示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が2画素重複する $k=5$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p = k=5$ 、又は $P_p = k-i=3$ となる画像データに対して適切に補間することができる。

[0119] 図27(c)に示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない画素列が $(kn-1)/2$ 個の画素が重複する $k=kn$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p =$

$kn/N_{a1}, \dots, kn$ となる画像データ、又は $P_p = (kn-i)/N_{b1}, \dots, kn-i$ となる画像データに対して適切に補間することができる。

[0120] 図28は図27に示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路において、それぞれの平均維持補間演算回路が得意とする画素周期 P_p の範囲を示す図である。

[0121] $k=3$ の平均維持補間演算回路は $P_p=3$ の近辺の画素周期 P_p を得意な画素周期の範囲とする。 $k=5$ の平均維持補間演算回路についても同様に $P_p=5$ 近辺の画素周期 P_p を得意な画素周期の範囲とする。 $k=(kn+1)/2, kn$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p=(kn+1)/2, kn$ 近辺の画素周期 P_p をそれぞれ得意な画素周期の範囲とする。よって、 $k=3, 5, (kn+1)/2, kn$ の平均維持補間演算回路がそれぞれ得意とする画素周期の範囲は図28(a)のようになる。

[0122] さらに、 $k=3$ の平均維持補間演算回路は $P_p=k-i=2$ の近辺の画素周期 P_p も得意な画素周期の範囲となる。 $k=5$ の平均維持補間演算回路についても同様に $P_p=k-i=3$ の近辺の画素周期 P_p を得意な画素周期の範囲とする。 $k=7, 9, kn$ の平均維持補間演算回路についても同様に、 $P_p=4, 5, (kn+1)/2$ の近辺の画素周期 P_p をそれぞれ得意な画素周期の範囲とする。よって、 $k=3, 5, 7, 9, (kn+1)/2$ の平均維持補間演算回路がそれぞれ得意とする画素周期の範囲は図28(b)のようになる。

[0123] よって、欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が重複する場合の $k=3, 5, (kn+1)/2, kn$ の平均維持補間演算回路は図28(a)と図28(b)を合わせた範囲、すなわち図28(c)に示すような範囲の画像データに適用することができる。

[0124] このように複数の平均維持補間演算回路に左右平均補間演算回路を加え、これらが生成する補間データのうち、補間誤差の最も小さいものを選択することにより、画素周期にかかわらず、常に補間誤差の小さい補間データを出力することができる。

[0125] 実施の形態6.

図29は実施の形態6における画素補間回路の構成を示す図である。

実施の形態6における画素補間回路は、実施の形態4で示した図21の構成に加え

て出力回路に入力する選択信号を生成する選択信号生成部9と、制御回路20と、画像データメモリ21とを備えている。

画像データメモリ21は、入力画像データDIを一旦蓄え、制御回路20からの指示に従って同じ画像データを繰り返し出力する。

選択信号生成部9は、欠落画素の近傍の画素の原データと、該欠落画素の近傍の画素について欠落画素の補間データを求めるのと同じ方法で求めることにより得られる補間データとに基づいて、複数の補間演算回路からの補間データのうちの一つを選択させる選択信号Cを生成するものである。

図示の選択信号生成部9は、管理回路7および採点回路8で構成されている。

複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n)の各々は、例えば図16に示すように、より具体的には図1に示すように構成されているものとする。

- [0126] 制御回路20は、複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n)の各々の、例えば、欠落部合計算出回路19(図16)に、欠落画素の近傍のテスト用非欠落画素を含む画素の組を構成するk個の画素のうち、テスト用非欠落画素以外の画素を入力してその値の合計SLを求めさせ、複数の補間演算回路の各々の、非欠落部合計算出回路17に、テスト用欠落画素を含まない画素の組を構成するk個の画素を入力して、その値の合計を求めさせ、複数の補間演算回路の各々の、差分回路3に、非欠落部合計算出回路17の出力から欠落部合計算出回路19の出力を差し引くことでテスト用非欠落画素の補間データを求めさせる。

制御回路20はさらに、左右平均補間演算回路6(0)に、欠落画素の近傍のテスト用非欠落画素の左右に位置する画素を入力させて、その値の平均を求めさせ、これをテスト用非欠落画素の補間データとして出力させる。

制御回路20は、このような処理を複数の、互いに異なるテスト用非欠落画素について行なわせる。

- [0127] 選択信号生成部9は、複数の補間演算回路の各々で求められたテスト用非欠落画素の補間データと、テスト用非欠落画素の原データとに基づき、補間演算回路を評価し、最良の評価を受けた補間演算回路を選択させるように選択信号の内容を定める。

- [0128] 制御回路20は、複数の平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n)の欠落部合計算出

回路19に欠落画素を含む画素の組を構成する画素を入力させ、非欠落部合計算出回路に欠落画素を含まない画素の組を構成する画素を入力させて、それぞれ欠落画素に対する平均維持補間演算を行なわせ、左右平均補間演算回路6(0)に欠落画素に隣接する画素を入力させて欠落画素に対する左右平均補間演算を行なわせ、出力回路9に、上記のようにして内容が定められた選択信号Cに基づき、複数の補間演算回路6(0)乃至6(n)からの補間データのうちの一つを選択して出力させる。

[0129] なお、図29では説明の便宜のため、平均維持補間演算回路の数が、図17及び図21の場合と異なり、n個として図示されている。

[0130] 図29の画素補間回路は、入力画像データが供給される毎に以下のように2つの処理を行なう。

まず、第1の処理は、評価処理とも呼ばれるものであり、供給された入力画像データのうちの欠落画素以外の画素を用いて複数の補間演算回路の評価を行い、どの補間演算回路が最良の評価を受けたかに応じて、選択信号Cの内容を定める。

第2の処理は、補間実行処理とも呼ばれるものであり、選択信号Cの内容に基づき、供給された入力画像データのうちの欠落画素を補間する補間データを生成して補間を行う。

同じ入力画像データDIを評価処理及び補間実行処理で繰り返し用いるため、入力画像データDIは一旦画像データメモリ21に蓄えられ、その後制御回路20に指示によって繰り返し読み出される。

[0131] 評価処理における補間演算と補間実行処理における補間演算とは同時に並行して行なっても良く、また評価処理における補間演算が終わってから補間実行処理における補間演算を行なうようにしても良い。以下最初に、評価処理における補間演算と補間実行処理における補間演算とは同時に並行して行なうものとして概略を説明し、その後で、評価処理における補間演算が終わってから補間実行処理における補間演算を行なう場合についてより詳しく説明する。

入力画像DIは左右平均補間演算回路6(0)およびn個の平均維持補間演算回路(第1の平均維持補間演算回路6(1)、第2の平均維持補間演算回路6(2)、…、第nの平均維持補間演算回路6(n))および採点回路8に入力される。平均維持補間演

算回路のパラメータ $k=k_1 \sim k_n$ は第1の平均維持補間演算回路～第 n の平均維持補間演算回路にそれぞれに入力される。左右平均補間演算回路6(0)は入力画像DIに基づいて複数のテスト用非欠落画素(テスト画素)についてその補間データ(テスト補間データ)TD0[T1]～[Tm]と欠落画素の補間データD0を出力する。左右平均補間演算回路6(0)から出力されたテスト補間データTD0[T1]～[Tm]は採点回路8に入力され、補間データD1D0は出力回路5に入力される。

[0132] 第1の平均維持補間演算回路6(1)は入力画像DIおよびパラメータ $k=k_1$ に基づいて複数のテスト画素についてその補間データTD1[T1]～[Tm]と欠落画素の補間データD1を出力する。第1の平均維持補間演算回路6(1)から出力されたテスト補間データTD1[T1]～[Tm]は採点回路8に入力され、補間データD1は出力回路5に入力される。

[0133] 第2の平均維持補間演算回路6(2)～第 n の平均維持補間演算回路6(n)についても同様に、入力画像DIおよびパラメータ $k=k_2 \sim k=k_n$ に基づいて複数のテスト画素についてその補間データTD2[T1]～[Tm]～TDn[T1]～[Tm]と欠落画素の補間データD2～Dnをそれぞれ出力する。第2の平均維持補間演算回路6(2)～第 n の平均維持補間演算回路6(n)から出力されたテスト補間データTD2[T1]～[Tm]～TDn[T1]～[Tm]は採点回路8に入力され、補間データD2～Dnは出力回路5に入力される。

[0134] 採点回路8は入力画像DIに基づいて左右平均補間演算回路6(0)から出力されたテスト補間データTD0を採点し、その結果を採点データM0として出力する。採点回路8から出力された採点データM0は管理回路7に入力される。

[0135] また、採点回路8は第1の平均維持補間演算回路6(1)～第 n の平均維持補間演算回路6(n)から出力されるテスト補間データTD1[T1]～[Tm]～TDn[T1]～[Tm]についても同様に入力画像DIに基づいて採点し、それぞれの結果を採点データM1～Mnとして出力する。採点回路8から出力された採点データM1～Mnは管理回路7に入力される。

[0136] 管理回路7は採点回路8から出力された採点データM0～Mnを例えば後述のようにして評価し、その結果に基づいて選択信号Cを出力する。管理回路7から出力され

た選択信号Cは出力回路5に入力される。

[0137] 出力回路5は管理回路7から出力された選択信号Cに基づいて左右平均補間演算回路6(0)および第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)から出力された補間データD0〜Dnのうち1つを選択し出力データDOとして出力する。

[0138] 以下、評価処理における補間演算が終わってから補間実行処理における補間演算を行なう場合についてより詳しく説明する。

最初に評価処理の動作について説明する。このとき、図29の出力回路5は動作しない。即ち、補間データDOは出力されない。

図30(a)は入力画像DIを示す図であり、欠落画素とテスト用非欠落画素(テスト画素)の位置関係を示す。図30において、○は実在する画素、×は欠落している画素を示す。

[0139] 欠落画素Lに対して、T1〜Tmで示した、欠落画素Lの近傍に位置する実在する画素(非欠落画素)をテスト画素として定める($m=2k$ とする)。ここで、テスト画素とは欠落画素の近傍において仮想的に欠落画素と見なして補間データを生成する画素である。図30(a)は欠落画素Lを中心として一次元的に左右両側にk個ずつのテスト画素を設定した例である。

[0140] テスト画素は欠落画素に対して左右不均等に設定しても良いし、左右片方だけ設定しても良い。また、図30(b)のように2次的に設定しても良い。

[0141] 図29および図30(a)を用いて、テスト画素T1〜Tmにおける左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)および採点回路8の動作について詳しく説明する。

まず、テスト画素T1の位置において、左右平均補間演算回路6(0)はテスト画素T1を仮想的に欠落していると見た場合のテスト補間データTD0[T1]を出力する。即ち、テスト画素T1の左右に位置する画素の平均を求めて、これをテスト画素T1の補間データとして出力する。

採点回路8はテスト画素T1の位置における入力画像DIのデータDI[T1]と前記テスト補間データTD0[T1]の差分の絶対値を求め、採点データM0[T1]として出力

する。採点データM0[T1]は

$$M0[T1] = |TD0[T1] - DI[T1]|$$

となる。採点データM0[T1]が小さい場合、テスト補間データが入力画像に近い、即ち、テスト画素T1において左右平均補間演算回路6(0)の演算方法が適切であることを示す。逆に、採点データM0[T1]が大きい場合、テスト画素T1において左右平均補間演算回路6(0)の演算方法が不適切であることを示す。つまり、採点データM0[T1]はテスト画素T1における左右平均補間演算回路6(0)の適性を示す。

- [0142] 次に、左右平均補間演算回路6(0)はテスト画素T2についても同様にテスト画素T2を仮想的に欠落していると見た場合のテスト補間データTD0[T2]を出力する。採点回路8はテスト画素T2の位置における入力画像DI[T2]と前記テスト補間データTD0[T2]の差分の絶対値を求め、採点データM0[T2]として出力する。採点データM0[T2]は

$$M0[T2] = |TD0[T2] - DI[T2]|$$

となる。採点データM0[T2]はテスト画素T2における左右平均補間演算回路6(0)の適性を示す。

- [0143] 左右平均補間演算回路6(0)は残りのテスト画素T3〜Tmについても同様にテスト補間データTD0[T3]〜TD0[Tm]を出力する。採点回路8は前記テスト補間データTD0[T3]〜TD0[Tm]とそれぞれのテスト補間データに対応する入力画像DIのデータDI[T3]〜DI[Tm]との差分の絶対値を求め、採点データM0[T3]〜M0[Tm]として出力する。採点データM0[T3]〜M0[Tm]は

$$M0[T3] = |TD0[T3] - DI[T3]|$$

〜

$$M0[Tm] = |TD0[Tm] - DI[Tm]|$$

となる。採点データM0[T3]〜M0[Tm]はテスト画素T3〜Tmにおける左右平均補間演算回路6(0)の適性を示す。

- [0144] このように、テスト画素T1〜Tmにおける左右平均補間演算回路6(0)が出力するテスト補間データに対応する採点データを得る。

- [0145] 第1の平均維持補間演算回路6(1)についても同様にテスト画素T1の位置におい

てテスト画素T1を仮想的に欠落していると見た場合のテスト補間データTD1[T1]を出力する。採点回路8はテスト画素T1の位置における入力画像DIのデータDI[T1]と前記テスト補間データTD1[T1]の差分の絶対値を求め、採点データM1[T1]として出力する。採点データM1[T1]は

$$M1[T1] = |TD1[T1] - DI[T1]|$$

となる。採点データM1[T1]はテスト画素T1における第1の平均維持補間演算回路6(1)の適性を示す。

- [0146] 第1の平均維持補間演算回路6(1)は残りのテスト画素T2〜Tmについても同様にテスト補間データTD1[T2]〜TD1[Tm]を出力する。採点回路8は前記テスト補間データTD1[T2]〜TD1[Tm]とそれぞれのテスト補間データに対応する入力画像DIのデータDI[T2]〜DI[Tm]との差分の絶対値を求め、採点データM1[T2]〜M1[Tm]として出力する。採点データM1[T2]〜M1[Tm]は
- $$M1[T2] = |TD1[T2] - DI[T2]|$$
- 〜
- $$M1[Tm] = |TD1[Tm] - DI[Tm]|$$
- となる。採点データM1[T2]〜M1[Tm]はテスト画素T2〜Tmにおける第1の平均維持補間演算回路6(1)の適性を示す。

- [0147] 第2の平均維持補間演算回路6(2)〜第nの補間演算回路6(n)についても同様にテスト画素T1〜Tmにおけるテスト補間データTD2[T1]…TD2[Tm]〜TDn[T1]…TDn[Tm]を出力し、採点回路8は前記テスト補間データTD2[T1]…TD2[Tm]〜TDn[T1]…TDn[Tm]に基づいて採点データM2[T1]…M2[Tm]〜Mn[T1]…Mn[Tm]をそれぞれ出力する。

- [0148] このように、全てのテスト画素T1〜Tmにおいて平均維持補間演算回路6(0)および第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)のそれぞれの補間演算回路の適性が求められる。

- [0149] 図31はテスト画素T1〜Tmにおけるそれぞれの補間演算回路の採点データをまとめた表である。

- [0150] テスト画素のテスト補間データとテスト画素の位置における入力画像データの差分

の絶対値を用いることにより、補間方法の適性をテスト画素ごとに求めることができる。

[0151] 管理回路7の動作について説明する

欠落画素の近傍における左右平均補間演算回路6(0)の適性を評価するために、管理回路7は採点データM0[T1]〜M0[Tm]を加算して左右平均補間演算回路6(1)の評価データS0を生成する。評価データS0は

$$S0 = M0[T1] + M0[T2] + \dots + M0[Tm]$$

となる。評価データS0が小さい場合、欠落画素の近傍における左右平均補間演算回路6(0)の演算方法が適切であることを示す。逆に、評価データS0が大きい場合、欠落画素の近傍における左右平均補間演算回路6(0)の演算方法が不適切であることを示す。

[0152] 第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)についても同様に欠落画素の近傍における適性を評価するために、管理回路7は採点データM1[T1]…M1[Tm]〜Mn[T1]…Mn[Tm]をそれぞれ加算して第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)の評価データS1〜Snをそれぞれ生成する。評価データS1〜Snは

$$S1 = M1[T1] + M1[T2] + \dots + M1[Tm]$$

〜

$$Sn = Mn[T1] + Mn[T2] + \dots + Mn[Tm]$$

となる。

[0153] 図32は評価データS0〜Snをまとめた表である。

[0154] テスト画素ごとの採点データを加算することにより、欠落画素の近傍における補間方法の適性を求めることができる。

[0155] 評価データが小さい補間演算回路ほど欠落画素の近傍の画素に対して適切に補間できるので、欠落画素においても適切に補間できると類推できる。管理回路7は評価データS0〜Snのうち最も小さい評価データをもつ補間演算回路が出力する補間データを選択するように選択信号Cの内容を定める。このようにして内容が定められた選択信号Cは、これに続く補間実行処理において出力回路5で用いられる。

[0156] 次に補間実行処理の動作について説明する。補間実行処理においては、採点回路8は、動作しない。また管理回路7は、評価処理で内容が定められた選択信号Cを出力し続ける以外の動作を行わない。補間実行処理における補間演算回路6(0)乃至6(n)の動作は、図21を参照して説明したのと同様である。即ち、制御回路20は、平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n)の各々の、欠落部合計算出回路に欠落画素を含む画素の組を構成する画素を入力させ、非欠落部合計算出回路に欠落画素を含まない画素の組を構成する画素を入力させてそれぞれ補間演算を行わせ、それぞれから補間データD1〜Dnを出力させる。制御回路20はさらに、左右平均補間演算回路6(0)に欠落画素に隣接する画素を入力させて欠落画素に対する左右平均補間演算を行なわせ、補間データD0を出力させる。出力回路5に、選択信号Cに基づき、複数の補間演算回路(6(0)乃至6(n))からの補間データのうちの一つを選択して出力させる。従って、出力回路5は管理回路7から出力された選択信号Cに基づいて左右平均補間演算回路6(0)および第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)から出力された補間データD0〜Dnのうち1つを選択し、出力データDOとして出力する。

[0157] このようにして一つの欠落画素に対する補間が完了すると、次の欠落画素に対する補間を開始する。

[0158] 図29に示した画素補間回路は、欠落画素の近傍の画素において左右平均補間演算回路6(0)および第1の平均維持補間演算回路6(1)〜第nの平均維持補間演算回路6(n)が出力するテスト補間データの採点を行い、その結果を評価して欠落画素における適切な補間演算を類推するため、欠落画素の近傍の画像に適した補間演算によって欠落画素を補間することができる。

[0159] 次に、具体的な例を用いて説明する。

図33は図29における複数の平均維持補間演算回路としてパラメータ $k=5$ とした第1の平均維持補間演算回路とパラメータ $k=7$ とした第2の平均維持補間演算回路をもつ構成を示す図である。

[0160] 図33の具体例による画素補間回路の構成を説明する。

図33の具体例による画素補間回路は、出力回路5、左右平均補間演算回路6(0)

、第1の平均維持補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路6(2)、管理回路7、採点回路8を備える。なお、この具体例にも図29で示した制御回路20及び画像データメモリ21と同様のものが設けられているが、これらの図示を省略している。

- [0161] 入力画像DIは左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)、第2の平均維持補間演算回路6(2)および採点回路8に入力される。左右平均補間演算回路6(0)は入力画像DIに基づいてテスト補間データTD0および補間データD0を出力する。左右平均補間演算回路6(0)から出力されたテスト補間データTD0は採点回路8に入力され、補間データD0は出力回路5に入力される。
- [0162] パラメータ $k=5$ は第1の平均補間演算回路6(1)に入力される。第1の平均維持補間演算回路6(1)は入力画像DIおよびパラメータ $k=5$ に基づいてテスト補間データTD1および補間データD1を出力する。第1の平均維持補間演算回路6(1)から出力されたテスト補間データTD1は採点回路8に入力され、補間データD1は出力回路5に入力される。
- [0163] パラメータ $k=7$ は第2の平均補間演算回路6(1)に入力される。第2の平均維持補間演算回路6(2)は入力画像DIおよびパラメータ $k=7$ に基づいてテスト補間データTD2および補間データD2を出力する。第2の平均維持補間演算回路6(2)から出力されたテスト補間データTD2は採点回路8に入力され、補間データD2は出力回路5に入力される。
- [0164] 採点回路8は入力画像DIに基づいて左右平均補間演算回路6(0)から出力されたテスト補間データTD0を採点し、その結果を採点データM0として出力する。
- [0165] 採点回路8は入力画像DIに基づいて第1の平均維持補間演算回路6(1)から出力されたテスト補間データTD1を採点し、その結果を採点データM1として出力する。
- [0166] 採点回路8は入力画像DIに基づいて第2の平均維持補間演算回路6(2)から出力されたテスト補間データTD2を採点し、その結果を採点データM2として出力する。採点回路8から出力された採点データM0〜M2は管理回路7に入力される。
- [0167] 管理回路7は採点回路8から出力された採点データM0〜M2に基づいて選択信号Cを出力する。管理回路7から出力された選択信号Cは出力回路5に入力される。

[0168] 出力回路5は管理回路7から出力された選択信号Cに基づいて左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路6(2)から出力された補間データD0〜D2のうち1つを選択し、出力データDOとして出力する。

[0169] 図34は周期性をもつ画像データの一例を示す図である。図34(a)は図3と同様に画素周期5の画像データにおける画素位置と濃度値の関係を示す波形図であり、濃度値a=74、b=57、c=100、d=143、e=126を繰り返す。図34(b)は欠落画素とテスト画素の位置関係を示す。また、欠落画素Lに対応するテスト画素T1〜T4として欠落画素Lを中心に左右に2個ずつ1次元的に設定する。

[0170] 図35は平均維持補間演算のテスト補間方法を説明するための図である。

[0171] 図35(a)は実施の形態3で示した欠落画素を含む画素列と欠落画素を含まない2つの画素列が重複する場合の平均維持補間演算回路における欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない画素列NAおよびNBの位置関係を示す。図35(b)はテスト画素Tを仮想的に欠落画素と見なしてテスト補間する場合において、テスト画素を含む画素列TCに欠落画素を含む場合のテスト画素を含まない画素列TBの位置を示す。図35(c)はテスト画素を含む画素列TCに欠落画素を含まない場合のテスト画素を含まない画素列TAの位置を示す。

[0172] 平均維持補間演算回路のテスト補間方法について説明する。

平均維持補間演算回路は欠落画素の近傍の画素をテスト補間する場合、欠落画素の位置によって補間方法を変える必要がある。また、テスト補間ではテスト画素を含まない2つの画素列のうちどちらか一方のみを用いる。

[0173] 図35(b)に示すように、テスト画素Tを含む画素列TCに欠落画素Lを含む場合、平均維持補間演算回路は欠落画素Lを考慮して方程式を作る必要がある。よって、欠落画素Lを含むようにテスト画素Tを含まない画素列TBを設定し、テスト画素Tを含む画素列TCとテスト画素を含まない画素列TBの両方に欠落画素を含むことによって、欠落画素が方程式上で相殺され、テスト画素Tのテスト補間データを適切に求めることができる。方程式は

$$(TC[1] + \dots + TC[k-i-1] + T + L + TD[1] + \dots + TD[i-1]) / k$$

$$= (L + TD[1] + \dots + TD[i-1] + TB[1] + \dots + TB[k-i]) / k$$

となり。テスト画素Tは

$$T = (TB[1] + \dots + TB[k-i]) - (TC[1] + \dots + TC[k-i-1])$$

となる。

- [0174] 図35(c)に示すように、テスト画素を含む画素列TCに欠落画素Lを含まない場合、テスト画素を含まない画素列TAにも欠落画素を含まないように設定する。平均維持補間演算回路の方程式は

$$(TA[1] + \dots + TA[k-i] + TD[1] + \dots + TD[i]) / k$$

$$= (TD[1] + \dots + TD[i] + T + TC[1] + \dots + TC[k-i-1])$$

となり、テスト画素Tは

$$T = (TA[1] + \dots + TA[k-i]) - (TC[1] + \dots + TC[k-i-1])$$

となる。

- [0175] このように、欠落画素の位置を考慮したテスト補間方法を用いることにより、それぞれの平均維持補間演算回路を適切に採点することができる。

- [0176] 図36はテスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける左右平均補間演算回路6(0)および採点回路8の動作を説明するための図である。図36(a)はT1における左右平均補間演算回路6(0)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図36(b)はT2における左右平均補間演算回路6(0)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図36(c)はT3における左右平均補間演算回路6(0)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図36(d)はT4における左右平均補間演算回路6(0)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図36(e)は欠落画素Lにおける左右平均補間演算回路6(0)の補間データを算出する場合を示す図である。

- [0177] テスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける左右平均補間演算回路6(0)および採点回路8の動作について説明する。

図36(a)に示すように、左右平均補間演算回路6(0)は画素T1LおよびT1Rの平均値をテスト画素T1のテスト補間データTD0[T1]として出力する。T1L=b=57、T1R=d=143より、テスト補間データTD0[T1]は

$$TD0[T1] = (T1L + T1R) / 2 = (57 + 143) / 2 = 100$$

となる。採点回路8はテスト画素T1の位置における入力画像DIのデータDI[T1]とテスト補間データTD0[T1]の差分の絶対値を採点データM0[T1]として出力する。TD0[T1]=100、DI[T1]=c=100より、採点データM0[T1]は

$$M0[T1] = |TD0[T1] - DI[T1]| = |100 - 100| = 0$$

となる。

- [0178] 図36(b)に示すように、左右平均補間演算回路6(0)は画素T2LおよびT2Rの平均値をテスト画素T2のテスト補間データTD0[T2]として出力する。T2L=c=100、T2R=a=74より、テスト補間データTD0[T2]は
- $$TD1 = (T2L + T2R) / 2 = (100 + 74) / 2 = 87$$
- となる。採点回路8はテスト画素T2の位置における入力画像DIのデータDI[T2]とテスト補間データTD0[T2]の差分の絶対値を採点データM0[T2]として出力する。TD0[T2]=87、DI[T2]=d=143より、採点データM0[T2]は
- $$M0[T2] = |TD0[T2] - DI[T2]| = |87 - 143| = 56$$
- となる。

- [0179] 図36(c)に示すように、左右平均補間演算回路6(0)は画素T3LおよびT3Rの平均値をテスト画素T3のテスト補間データTD0[T3]として出力する。T3L=d=143、T3R=b=57より、テスト補間データTD0[T3]は
- $$TD0 = (T3L + T3R) / 2 = (143 + 57) / 2 = 100$$
- となる。採点回路8はテスト画素T3の位置における入力画像DIのデータDI[T3]とテスト補間データTD0[T3]の差分の絶対値を採点データM0[T3]として出力する。TD0[T3]=100、DI[T3]=a=74より、採点データM0[T3]は
- $$M0[T3] = |TD0[T3] - DI[T3]| = |100 - 74| = 26$$
- となる。

- [0180] 図36(d)に示すように、左右平均補間演算回路6(0)は画素T4LおよびT4Rの平均値をテスト画素T4のテスト補間データTD0[T4]として出力する。T4L=a=74、T4R=c=100より、テスト補間データTD0[T4]は
- $$TD0[T4] = (T4L + T4R) / 2 = (74 + 100) / 2 = 87$$

となる。採点回路8はテスト画素T4の位置における入力画像DIのデータDI[T4]とテスト補間データTD0[T4]の差分の絶対値を採点データM0[T4]として出力する。TD0[T4]=87、DI[T4]=b=57より、採点データM1[T4]は

$$M0[T4] = |TD0[T4] - DI[T4]| = |87 - 57| = 30$$
 となる。

- [0181] 図36(e)に示すように、左右平均補間演算回路6(0)は欠落画素の左右の画素LLおよびLRの平均値を欠落画素Lの補間データD0として出力する。LL=d=143、LR=a=74より、補間データD0は

$$D0 = (LL + LR) / 2 = (143 + 74) / 2 = 108.5$$
 となる。

- [0182] 図37はテスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける第1の平均維持補間演算回路6(1)および採点回路8の動作を説明するための図である。図37(a)はT1における第1の平均維持補間演算回路6(1)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図37(b)はT2における第1の平均維持補間演算回路6(1)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図37(c)はT3における第1の平均維持補間演算回路6(1)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図37(d)はT4における第1の平均維持補間演算回路6(1)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図37(e)は欠落画素Lにおける第1の平均維持補間演算回路6(1)の補間データを算出する場合を示す図である。

- [0183] テスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける第1の平均維持補間演算回路6(1)および採点回路8の動作について説明する。

図37(a)に示すように、第1の平均維持補間演算回路6(1)はテスト画素T1を含む画素列T1Cの平均値とテスト画素T1を含まない画素列T1Bの平均値が等しくなるようにテスト画素T1のテスト補間データTD1[T1]を求める。よって、方程式

$$(T1C[1] + T1C[2] + TD1[T1] + T1D[1] + L) / 5 \\ = (T1D[1] + L + T1B[1] + T1B[2] + T1B[3]) / 5$$

より、テスト補間データTD1[T1]は

$$TD1[T1] = (T1B[1] + T1B[2] + T1B[3]) - (T1C[1] + T1C[2])$$

となる。 $T1C[1]=a=74$ 、 $T1C[2]=b=57$ 、 $T1B[1]=a=74$ 、 $T1B[2]=b=57$ 、 $T1B[3]=c=100$ より、

$$TD1[T1] = (74 + 57 + 100) - (74 + 57) = 100$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T1の位置における入力画像DIのデータDI[T1]とテスト補間データTD1[T1]の差分の絶対値を採点データM1[T1]として出力する。

TD1[T1]=100、DI[T1]=c=100より、採点データM1[T1]は

$$M1[T1] = |TD1[T1] - DI[T1]| = |100 - 100| = 0$$

となる。

- [0184] 図37(b)に示すように、第1の平均維持補間演算回路6(1)はテスト画素T2を含む画素列T2Cの平均値とテスト画素T2を含まない画素列T2Bの平均値が等しくなるようにテスト画素T2のテスト補間データTD1[T2]を求める。よって、方程式

$$(T2C[1] + T2C[2] + TD1[T2] + L + T2D[1]) / 5$$

$$= (L + T2D[1] + T2B[1] + T2B[2] + T2B[3]) / 5$$

より、テスト補間データTD1[T2]は

$$TD1[T2] = (T2B[1] + T2B[2] + T2B[3]) - (T2C[1] + T2C[2])$$

となる。 $T2C[1]=b=57$ 、 $T2C[2]=c=100$ 、 $T2B[1]=b=57$ 、 $T2B[2]=c=100$ 、 $T2B[3]=d=143$ より、

$$TD1[T2] = (57 + 100 + 143) - (57 + 100) = 143$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T2の位置における入力画像DIのデータDI[T2]とテスト補間データTD1[T2]の差分の絶対値を採点データM1[T2]として出力する。

TD1[T2]=143、DI[T2]=d=143より、採点データM1[T2]は

$$M1[T2] = |TD1[T2] - DI[T2]| = |143 - 143| = 0$$

となる。

- [0185] 図37(c)に示すように、第1の平均維持補間演算回路6(1)はテスト画素T3を含む画素列T3Cの平均値とテスト画素T3を含まない画素列T3Aの平均値が等しくなるようにテスト画素T3のテスト補間データTD1[T3]を求める。よって、方程式

$$(T3A[1] + T3A[2] + T3A[3] + T3D[1] + L) / 5$$

$$= (T3D[1] + L + TD1[T3] + T3C[1] + T3C[2]) / 5$$

より、テスト補間データTD1[T3]は

$$TD1[T3] = (T3A[1] + T3A[2] + T3A[3]) - (T3C[1] + T3C[2])$$

となる。T3C[1]=b=57、T3C[2]=c=100、T3A[1]=a=74、T3A[2]=b=57、T3A[3]=c=100より、

$$TD1[T3] = (74 + 57 + 100) - (57 + 100) = 74$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T3の位置における入力画像DIのデータDI[T3]とテスト補間データTD1[T3]の差分の絶対値を採点データM1[T3]として出力する。TD1[T3]=74、DI[T3]=a=74より、採点データM1[T3]は

$$M1[T3] = |TD1[T3] - DI[T3]| = |74 - 74| = 0$$

となる。

- [0186] 図37(d)に示すように、第1の平均維持補間演算回路6(1)はテスト画素T4を含む画素列T4Cの平均値とテスト画素T4を含まない画素列T4Aの平均値が等しくなるようにテスト画素T4のテスト補間データTD1[T4]を求める。よって、方程式

$$\begin{aligned} & (T4A[1] + T4A[2] + T4A[3] + L + T4D[1]) / 5 \\ & = (L + T4D[1] + TD1[T4] + T4C[1] + T4C[2]) / 5 \end{aligned}$$

より、テスト補間データTD1[T4]は

$$TD1[T4] = (T4A[1] + T4A[2] + T4A[3]) - (T4C[1] + T4C[2])$$

となる。T4C[1]=c=100、T4C[2]=d=143、T4A[1]=b=57、T4A[2]=c=100、T4A[3]=d=143より、

$$TD1[T4] = (57 + 100 + 143) - (100 + 143) = 57$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T4の位置における入力画像DIのデータDI[T4]とテスト補間データTD1[T4]の差分の絶対値を採点データM1[T4]として出力する。TD1[T4]=57、DI[T4]=b=57より、採点データM1[T4]は

$$M1[T4] = |TD1[T4] - DI[T4]| = |57 - 57| = 0$$

となる。

- [0187] 図37(e)に示すように、第1の平均維持補間演算回路6(1)は欠落画素Lを含む画素列LCの平均値と欠落画素Lを含まない画素列NAおよびNBの平均値が等しくなるように欠落画素Lの補間データD1を求める。よって、方程式

$$\begin{aligned}
 & (AD[1] + AD[2] + D1 + BD[1] + BD[2]) / 5 \\
 & = ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + AD[1] + AD[2]) / 5 \\
 & + (BD[1] + BD[2] + NB[1] + NB[2] + NB[3]) / 5) / 2
 \end{aligned}$$

より、補間データD1は

$$\begin{aligned}
 D1 & = ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + AD[1] + AD[2]) \\
 & + (BD[1] + BD[2] + NB[1] + NB[2] + NB[3])) / 2 \\
 & - (AD[1] + AD[2] + BD[1] + BD[2])
 \end{aligned}$$

となる。NA[1]=e=126、NA[2]=a=74、NA[3]=b=57、AD[1]=c=100、AD[2]=d=143、BD[1]=a=74、BD[2]=b=57、NB[1]=c=100、NB[2]=d=143、NB[3]=e=126より、

$$\begin{aligned}
 D1 & = ((126 + 74 + 57 + 100 + 143) + (74 + 57 + 100 + 143 + 126)) / 2 \\
 & - (100 + 143 + 74 + 57) \\
 & = 126
 \end{aligned}$$

となる。

[0188] 図38はテスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける第2の平均維持補間演算回路6(2)および採点回路8の動作を説明するための図である。図38(a)はT1における第2の平均維持補間演算回路6(2)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図38(b)はT2における第2の平均維持補間演算回路6(2)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図38(c)はT3における第2の平均維持補間演算回路6(2)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図38(d)はT4における第2の平均維持補間演算回路6(2)のテスト補間データを算出する場合を示す図であり、図38(e)は欠落画素Lにおける第2の平均維持補間演算回路6(2)の補間データを算出する場合を示す図である。

[0189] テスト画素T1〜T4および欠落画素Lにおける第2の平均維持補間演算回路6(2)および採点回路8の動作について説明する。

図38(a)に示すように、第2の平均維持補間演算回路6(2)はテスト画素T1を含む画素列T1Cの平均値とテスト画素T1を含まない画素列T1Bの平均値が等しくなるようにテスト画素T1のテスト補間データTD2[T1]を求める。よって、方程式

$$(T1C[1]+T1C[2]+T1C[3]+TD2[T1]+T1D[1]+L+T1D[2])/7 \\ = (T1D[1]+L+T1D[2]+T1B[1]+T1B[2]+T1B[3]+T1B[4])/7$$

より、テスト補間データTD1[T1]は

$$TD2[T1] = (T1B[1]+T1B[2]+T1B[3]+T1B[4]) \\ - (T1C[1]+T1C[2]+T1C[3])$$

となる。T1C[1]=e=126、T1C[2]=a=74、T1C[3]=b=57、T1B[1]=b=57、T1B[2]=c=100、T1B[3]=d=143、T1B[4]=e=126より、

$$TD2[T1] = (57+100+143+126)-(126+74+57) = 169$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T1の位置における入力画像DIのデータDI[T1]とテスト補間データTD2[T1]の差分の絶対値を採点データM2[T1]として出力する。

TD2[T1]=169、DI[T1]=c=100より、採点データM2[T1]は

$$M2[T1] = |TD2[T1]-DI[T1]| = |169-100| = 69$$

となる。

[0190] 図38(b)に示すように、第2の平均維持補間演算回路6(2)はテスト画素T2を含む画素列T2Cの平均値とテスト画素T1を含まない画素列T2Bの平均値が等しくなるようにテスト画素T2のテスト補間データTD2[T2]を求める。よって、方程式

$$(T2C[1]+T2C[2]+T2C[3]+TD2[T2]+L+T2D[1]+T2D[2])/7 \\ = (L+T2D[1]+T2D[2]+T2B[1]+T2B[2]+T2B[3]+T2B[4])/7$$

より、テスト補間データTD2[T2]は

$$TD2[T2] = (T2B[1]+T2B[2]+T2B[3]+T2B[4]) \\ - (T2C[1]+T2C[2]+T2C[3])$$

となる。T2C[1]=a=74、T2C[2]=b=57、T2C[3]=c=100、T2B[1]=c=100、T2B[2]=d=143、T2B[3]=e=126、T2B[4]=a=74より、

$$TD2[T2] = (100+143+126+74)-(74+57+100) = 212$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T2の位置における入力画像DIのデータDI[T2]とテスト補間データTD2[T2]の差分の絶対値を採点データM2[T2]として出力する。

TD2[T2]=212、DI[T2]=d=143より、採点データM2[T2]は

$$M2[T2] = |TD2[T2]-DI[T2]| = |212-143| = 69$$

となる。

- [0191] 図38(c)に示すように、第2の平均維持補間演算回路6(2)はテスト画素T3を含む画素列T3Cの平均値とテスト画素T3を含まない画素列T3Aの平均値が等しくなるようにテスト画素T3のテスト補間データTD2[T3]を求める。よって、方程式

$$(T3A[1] + T3A[2] + T3A[3] + T3A[4] + T3D[1] + T3D[2] + L) / 7 \\ = (T3D[1] + T3D[2] + L + TD2[T3] + T3C[1] + T3C[2] + T3C[3]) / 7$$

より、テスト補間データTD2[T3]は

$$TD2[T3] = (T3A[1] + T3A[2] + T3A[3] + T3A[4]) \\ - (T3C[1] + T3C[2] + T3C[3])$$

となる。T3C[1]=b=57、T3C[2]=c=100、T3C[3]=d=143、T3A[1]=d=143、T3A[2]=e=126、T3A[3]=a=74、T3A[4]=b=57より、

$$TD1[T3] = (143 + 126 + 74 + 57) - (57 + 100 + 143) = 100$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T3の位置における入力画像DIのデータDI[T3]とテスト補間データTD2[T3]の差分の絶対値を採点データM2[T3]として出力する。TD2[T3]=100、DI[T3]=a=74より、採点データM2[T3]は

$$M2[T3] = | TD2[T3] - DI[T3] | = | 100 - 74 | = 26$$

となる。

- [0192] 図38(d)に示すように、第2の平均維持補間演算回路6(2)はテスト画素T4を含む画素列T4Cの平均値とテスト画素T3を含まない画素列T4Aの平均値が等しくなるようにテスト画素T4のテスト補間データTD2[T4]を求める。よって、方程式

$$(T4A[1] + T4A[2] + T4A[3] + T4A[4] + T4D[1] + L + T4D[2]) / 7 \\ = (T4D[1] + L + T4D[2] + TD2[T4] + T4C[1] + T4C[2] + T4C[3]) / 7$$

より、テスト補間データTD2[T4]は

$$TD2[T4] = (T4A[1] + T4A[2] + T4A[3] + T4A[4]) \\ - (T4C[1] + T4C[2] + T4C[3])$$

となる。T4C[1]=c=100、T4C[2]=d=143、T4C[3]=e=126、T4A[1]=e=126、T4A[2]=a=74、T4A[3]=b=57、T4A[4]=c=100より、

$$TD1[T1] = (126 + 74 + 57 + 100) - (100 + 143 + 126) = -12$$

となる。採点回路8は前記テスト画素T4の位置における入力画像DIのデータDI[T4]とテスト補間データTD2[T4]の差分の絶対値を採点データM2[T4]として出力する。TD2[T4]=-12、DI[T4]=b=57より、採点データM2[T4]は

$$M2[T4] = |TD2[T4] - DI[T4]| = |-12 - 57| = 69$$

となる。

- [0193] 図38(e)に示すように、第2の平均維持補間演算回路6(2)は欠落画素Lを含む画素列LCの平均値と欠落画素Lを含まない画素列NAおよびNBの平均値が等しくなるように欠落画素Lの補間データを求める。よって、方程式

$$\begin{aligned} & (AD[1] + AD[2] + AD[3] + D1 + BD[1] + BD[2] + BD[3]) / 7 \\ & = ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + AD[1] + AD[2] + AD[3]) / 7 \\ & + (BD[1] + BD[2] + BD[3] + NB[1] + NB[2] + NB[3] + NB[4]) / 7) / 2 \end{aligned}$$

より、補間データD1は

$$\begin{aligned} D1 = & ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + AD[1] + AD[2] + AD[3]) \\ & + (BD[1] + BD[2] + BD[3] + NB[1] + NB[2] + NB[3] + NB[4])) / 2 \\ & - (AD[1] + AD[2] + AD[3] + BD[1] + BD[2] + BD[3]) \end{aligned}$$

となる。NA[1]=c=100、NA[2]=d=143、NA[3]=e=126、NA[4]=a=74、AD[1]=b=57、AD[2]=c=100、AD[3]=d=143、BD[1]=a=74、BD[2]=b=57、BD[3]=c=100、NB[1]=d=143、NB[2]=e=126、NB[3]=a=74、NB[4]=b=57より、

$$\begin{aligned} D1 = & ((100 + 143 + 126 + 74 + 57 + 100 + 143) \\ & + (74 + 57 + 100 + 143 + 126 + 74 + 57)) / 2 \\ & - (57 + 100 + 143 + 74 + 57 + 100) \\ & = 156 \end{aligned}$$

となる。

- [0194] 図39はテスト画素T1〜T4における採点データM0〜M2をまとめた表である。

- [0195] 管理回路7の動作について説明する。

管理回路7は左右平均補間演算回路6(0)の採点データM0[T1]〜M0[T4]を加算した値を評価データS0として生成する。M0[T1]=0、M0[T2]=56、M0[T

3]=26、M0[T4]=30より、評価データS0は
$$S0 = M0[T1] + M0[T2] + M0[T3] + M0[T4]$$
$$= 0 + 56 + 26 + 30 = 112$$

となる。

[0196] 管理回路7は第1の平均維持補間演算回路6(1)についても同様に採点データM1[T1]〜M1[T4]を加算した値を評価データS1として生成する。M1[T1]=0、M1[T2]=0、M1[T3]=0、M2[T4]=0より、評価データS1は
$$S1 = M1[T1] + M1[T2] + M1[T3] + M1[T4]$$
$$= 0 + 0 + 0 + 0 = 0$$

となる。

[0197] 管理回路7は第2の平均維持補間演算回路6(2)についても同様に採点データM2[T1]〜M2[T4]を加算した値を評価データS2として生成する。M2[T1]=69、M2[T2]=69、M2[T3]=26、M2[T4]=69より、評価データS2は
$$S2 = M2[T1] + M2[T2] + M2[T3] + M2[T4]$$
$$= 69 + 69 + 26 + 69 = 233$$

となる。

[0198] 図40は左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路6(2)の評価データS0〜S2をまとめた表である。

[0199] 評価データが小さい補間演算回路ほど欠落画素の近傍において適切に補間できるので、欠落画素においても適切に補間できると類推できる。管理回路7は評価データS0〜S2のうち最も小さい評価データ(S1=0)を持つ第1の平均維持補間演算回路6(1)が出力する補間データを選択するための選択信号Cを出力する。

[0200] 出力回路5は管理回路7が出力する選択信号Cに対応する補間データD1=126を出力する。図31(a)に示したように、欠落画素Lの原データは126であり、最小の誤差で補間することができることが分かる。

[0201] 図33に示した構成例による画素補間回路は欠落画素L近傍のテスト画素T1〜T4における3個の補間演算回路のテスト補間データを生成して、これを採点および評価することにより、3個の補間演算回路のうち画像内容に適した補間演算回路を選択す

るので、欠落画素を適切に補間することができる。

[0202] 図33に示した構成を用いて別の画像データを補間する例を示す。

図41は周期性をもつ画像データの一例を示す図である。図41(a)は画素周期 $P_p = 7$ で濃度値 $a=80$ 、 $b=56$ 、 $c=65$ 、 $d=100$ 、 $e=135$ 、 $f=144$ 、 $g=120$ を繰り返す。図38(b)は欠落画素とテスト画素の位置関係を示す。また、欠落画素Lに対応するテスト画素T1〜T4として欠落画素Lを中心に左右に2個ずつ1次元的に設定する。

[0203] 左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路を用いて図41(b)のテスト画素T1〜T4をテスト補間する方法は、図36〜図38で示した方法と同様であるので説明を省略する。

[0204] 図42はテスト画素T1〜T4における採点データM0〜M2をまとめた表である。

[0205] 管理回路7の動作について説明する。

管理回路7は左右平均補間演算回路6(0)の採点データM0[T1]〜M0[T4]を加算した値を評価データS0として生成する。M0[T1]=13、M0[T2]=4.5、M0[T3]=71、M0[T4]=8より、評価データS0は

$$S0 = M0[T1] + M0[T2] + M0[T3] + M0[T4]$$

$$= 13 + 4.5 + 71 + 8 = 96.5$$

となる。

[0206] 管理回路7は第1の平均維持補間演算回路6(1)についても同様に採点データM1[T1]〜M1[T4]を加算した値を評価データS1として生成する。M1[T1]=143、M1[T2]=35、M1[T3]=143、M2[T4]=35より、評価データS1は

$$S1 = M1[T1] + M1[T2] + M1[T3] + M1[T4]$$

$$= 143 + 35 + 143 + 35 = 356$$

となる。

[0207] 管理回路7は第2の平均維持補間演算回路6(2)についても同様に採点データM2[T1]〜M2[T4]を加算した値を評価データS2として生成する。M2[T1]=0、M2[T2]=0、M2[T3]=0、M2[T4]=0より、評価データS2は

$$S2 = M2[T1] + M2[T2] + M2[T3] + M2[T4]$$

$$=0+0+0+0=0$$

となる。

[0208] 図43は左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路6(2)の評価データS0〜S2をまとめた表である。

[0209] 評価データが小さい補間演算回路ほど欠落画素の近傍において適切に補間できるので、欠落画素においても適切に補間できると類推できる。管理回路7は評価データS0〜S2のうち最も小さい評価データ(S2=0)を持つ第2の平均維持補間演算回路6(2)が出力する補間データを選択するための選択信号Cを出力する。

[0210] 出力回路5は管理回路7が出力する選択信号Cに対応する補間データD2=135を出力する。図31(a)に示したように、欠落画素Lの原データは135であり、最小の誤差で補間することができることが分かる。

[0211] 図33に示した構成例による画素補間回路は欠落画素L近傍のテスト画素T1〜T4における3個の補間演算回路のテスト補間データを生成して、これを採点および評価することにより、3個の補間演算回路のうち画像内容に適した補間演算回路を選択するので、図41のデータについても欠落画素を適切に補間することができる。

[0212] 図33に示した構成を用いてさらに別の画像データを補間する例を示す。

図44は周期性をもつ画像データの一例を示す図である。図44(a)は画素周期 $P_p=17$ で濃度値 $a=100$ 、 $b=116$ 、 $c=130$ 、 $d=140$ 、 $e=145$ 、 $f=143$ 、 $g=136$ 、 $h=124$ 、 $i=108$ 、 $j=92$ 、 $k=76$ 、 $l=64$ 、 $m=57$ 、 $n=55$ 、 $o=60$ 、 $p=70$ 、 $q=84$ を繰り返す。図44(b)は欠落画素とテスト画素の位置関係を示す。また、欠落画素Lに対応するテスト画素T1〜T4として欠落画素Lを中心に左右に2個ずつ1次元的に設定する。

[0213] 左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路を用いて図44(b)のテスト画素T1〜T4をテスト補間する方法は、図36〜図38で示した方法と同様であるので説明を省略する。

[0214] 図45はテスト画素T1〜T4における採点データM0〜M2をまとめた表である。

[0215] 管理回路7の動作について説明する。

管理回路7は左右平均補間演算回路6(0)の採点データM0[T1]〜M0[T4]を

加算した値を評価データS0として生成する。 $M0[T1]=3.5$ 、 $M0[T2]=8.5$ 、 $M0[T3]=1.5$ 、 $M0[T4]=0$ より、評価データS0は

$$S0=M0[T1]+M0[T2]+M0[T3]+M0[T4]$$
$$=3.5+8.5+1.5+0=13.5$$

となる。

[0216] 管理回路7は第1の平均維持補間演算回路6(1)についても同様に採点データM1[T1]〜M1[T4]を加算した値を評価データS1として生成する。 $M1[T1]=91$ 、 $M1[T2]=152$ 、 $M1[T3]=91$ 、 $M1[T4]=152$ より、評価データS1は

$$S1=M1[T1]+M1[T2]+M1[T3]+M1[T4]$$
$$=91+152+91+152=486$$

となる。

[0217] 管理回路7は第2の平均維持補間演算回路6(2)についても同様に採点データM2[T1]〜M2[T4]を加算した値を評価データS2として生成する。 $M2[T1]=191$ 、 $M2[T2]=269$ 、 $M2[T3]=86$ 、 $M2[T4]=191$ より、評価データS2は

$$S2=M2[T1]+M2[T2]+M2[T3]+M2[T4]$$
$$=191+269+86+191=737$$

となる。

[0218] 図46は左右平均補間演算回路6(0)、第1の平均維持補間演算回路6(1)および第2の平均維持補間演算回路6(2)の評価データS0〜S2をまとめた表である。

[0219] 評価データが小さい補間演算回路ほど欠落画素の近傍において適切に補間できるので、欠落画素においても適切に補間できると類推できる。管理回路7は評価データS0〜S2のうち最も小さい評価データ($S0=13.5$)を持つ左右平均補間演算回路6(0)が出力する補間データを選択するための選択信号Cを出力する。

[0220] 出力回路5は管理回路7が出力する選択信号Cに対応する補間データD0=133.5を出力する。図31(a)に示したように、欠落画素Lの原データは136であり、最小の誤差で補間することができることが分かる。

[0221] 図33に示した構成例による画素補間回路は欠落画素L近傍のテスト画素T1〜T4における3個の補間演算回路のテスト補間データを生成して、これを採点および評価

することにより、3個の補間演算回路のうち画像内容に適した補間演算回路を選択するので、図44のデータについても欠落画素を適切に補間することができる。

[0222] このように、管理回路7、採点回路8で構成される選択信号生成部9は、画像データに応じて適切な補間演算回路による補間データを選択する選択信号を生成することができ、画像データの周期性の如何を問わず補間誤差を最小にすることができる。

[0223] また、欠落画素の補間データに用いる補間演算回路(例えば欠落部合計算出回路19及び非欠落部合計算出回路17を含む)を用いてテスト画素の補間データを求めるので、回路規模を大幅に増加することなく、テスト画素による評価を行なうことができる。

[0224] なお、図29の画素補間回路において、左右平均補間演算回路6(0)を省略しても良い。この場合、平均維持補間演算回路6(1)乃至6(n)について評価を行い、そのいずれかの出力を選択することになる。

[0225] 実施の形態7.

図47は実施の形態7における補間演算回路の構成を示す図である。実施の形態の6における補間演算回路は実施の形態1〜3で示した平均維持補間演算回路に平均維持補間演算回路の出力を制限する出力制限部13を追加した構成である。出力制限部13は、出力範囲生成回路10と制限回路11で構成され、ノイズ等で発生した平均維持補間演算回路の補間誤差を制限する。

[0226] 図48は入力画像DIの一部を示し、欠落画素と参照データ範囲の位置関係を示す。

[0227] 実施の形態7における補間演算回路の構成と動作を説明する。

実施の形態7における補間演算回路は出力範囲生成回路10と制限回路11と平均維持補間演算回路12とを備える。入力画像DIは出力範囲生成回路10および平均維持補間演算回路12に入力される。パラメータkは平均維持補間演算回路12に入力される。平均維持補間演算回路は入力画像DIとパラメータkに基づいて制限前データDaを出力する。制限前データDaは制限回路11に入力される。

外部から供給される参照データ範囲rを指定するデータは出力範囲生成回路10に入力される。出力範囲生成回路10は入力画像DIにおける欠落画素の右側r個の画

素と左側 r 個の画素に基づいて出力最大値 L_{\max} と出力最小値 L_{\min} を生成する。

出力最大値 L_{\max} は

$$L_{\max} = \max(M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r])$$

となる。ここで、 $\max(M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r])$ は画素 $M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r]$ の最大値を求める関数である。出力最大値 L_{\max} は制限回路11に入力される。

[0228] また、出力最小値 L_{\min} は

$$L_{\min} = \min(M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r])$$

となる。ここで、 $\min(M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r])$ は画素 $M[1], \dots, M[r], M[r+1], \dots, M[2r]$ の最小値を求める関数である。出力最小値 L_{\min} は制限回路11に入力される。

[0229] 制限回路11は出力最大値 L_{\max} と出力最小値 L_{\min} に基づいて制限前データ D_a を制限し、制限後データ D_b として出力する。制限後データ D_b は

$D_a < L_{\min}$ の場合、 $D_b = L_{\min}$ 、

$L_{\min} \leq D_a \leq L_{\max}$ の場合、 $D_b = D_a$ 、

$L_{\max} < D_b$ の場合、 $D_b = L_{\max}$

となる。

[0230] 実施の形態7における補間演算回路は平均維持補間演算回路の出力を欠落画素の近傍における $2r$ 個の濃度値の範囲に制限することができる。

[0231] 具体例を用いて説明する。

図49は具体例による補間演算回路の構成である。

[0232] 図50は画素周期 $P_p = 5$ の画像データを示す。図50において画素NB[3]はノイズによって濃度値が74から94になっているとする。

[0233] 構成と動作を説明する。

入力画像DIは平均維持補間演算回路と出力範囲生成回路に入力される。パラメータ $k = 9$ は平均維持補間演算回路12に入力される。平均維持補間演算回路12は欠落画素を含む画素列LCと欠落画素を含まない2つの画素列NAおよびNBの平均値を等しくするように欠落画素Lの補間データを求める。方程式は

$$\begin{aligned}
& (AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + L \\
& + BD[1] + BD[2] + BD[3] + BD[4]) / 9 \\
& = ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + NA[5] \\
& + AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4]) / 9 \\
& + (BD[1] + BD[2] + BD[3] + BD[4] \\
& + NB[1] + NB[2] + NB[3] + NB[4] + NB[5]) / 9) / 2
\end{aligned}$$

となり、欠落画素Lは

$$\begin{aligned}
L = & ((NA[1] + NA[2] + NA[3] + NA[4] + NA[5] \\
& + AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4]) \\
& + (BD[1] + BD[2] + BD[3] + BD[4] \\
& + NB[1] + NB[2] + NB[3] + NB[4] + NB[5])) / 2 \\
& - (AD[1] + AD[2] + AD[3] + AD[4] + L \\
& + BD[1] + BD[2] + BD[3] + BD[4])
\end{aligned}$$

となる。NA[1]=126、NA[2]=74、NA[3]=57、NA[4]=100、NA[5]=143、AD[1]=126、AD[2]=74、AD[3]=57、AD[4]=100、BD[1]=126、BD[2]=74、BD[3]=57、BD[4]=100、NB[1]=143、NB[2]=126、NB[3]=94、NB[4]=57、NB[5]=100より

$$\begin{aligned}
L = & ((126 + 74 + 57 + 100 + 143 + 126 + 74 + 57 + 100) \\
& + (126 + 74 + 57 + 100 + 143 + 126 + 94 + 57 + 100)) / 2 \\
& - (126 + 74 + 57 + 100 + 126 + 74 + 57 + 100) \\
& = 153
\end{aligned}$$

となる。欠落画素の補間データLを制限前データDaとする。制限前データDaは制限回路11に入力される。

[0234] 参照データ範囲r=9は出力範囲生成回路に入力される。出力範囲生成回路10は入力画像DIにおいて欠落画素Lの右側9個と左側9個の最大値を出力最大値Lmaxとして出力する。出力最大値Lmaxは

$$L_{\max} = 143$$

となる。出力最大値Lmaxは制限回路に入力される。

- [0235] また、出力範囲生成回路10は入力画像DIにおいて欠落画素Lの右側9個と左側9個の最小値を出力最小値Lminとして出力する。出力最小値Lminは
 $L_{min}=57$
となる。出力最小値Lminは制限回路11に入力される。
- [0236] 制限回路11は出力最大値Lmaxと出力最小値Lminに基づいて制限前データDaを補正し制限後データDbとして出力する。制限後データDbはDa=153、Lmax=143、Lmin=57より
 $L_{max} < Da$ が成立するのでDb=Lmax=143
となる。
- [0237] 図50より欠落画素Lの原データは143であり、制限後データDb=143の誤差は
 $|143-143|=0$ となる。制限前データの誤差は
 $|153-143|=10$ であり、制限することにより誤差を小さくすることができる。
- [0238] 実施の形態8.
実施の形態1〜3では、ハードウェアにより、平均維持補間演算により欠落画素を補間する補間演算回路の構成を説明したが、ソフトウェアによって欠落画素を補間することもできる。なお、ソフトウェアとハードウェアを併用しても良い。
- [0239] 図51はソフトウェア処理による欠落画素を補間する動作(補間演算方法)を説明するフローチャートである。
- [0240] 図2をも参照してフローチャートの動作を説明する。
ステップs1では欠落画素を含む画素列LCの部分和数据(実施の形態1のSLに相当)を生成する。
- [0241] ステップs2では欠落画素を含まない画素列NAの部分和数据(実施の形態1のSAに相当)を生成する。
- [0242] 図13のように欠落画素を含まない画素列が複数ある場合、ステップs2に戻ってそれぞれの部分和数据を生成する。(ステップs3)
- [0243] ステップs4ではステップs1で生成された部分和数据(SAに相当するデータ)とステップs2で生成された部分和数据(SLに相当するデータ)に基づいて、欠落画素を含む画素列の平均値と欠落画素を含まない画素列の平均値が等しくなるように方

程式を作る。

[0244] ステップs5ではステップs4で作った方程式を解いて(例えばSAに相当するデータからSLに相当するデータを差し引いて)欠落画素の補間データを求める。

[0245] それぞれのステップにおける処理内容については実施の形態1〜3で詳しく示したので、ここでは説明を省略する。

[0246] 実施の形態9.

実施の形態6では、ハードウェアによって、平均維持補間演算と左右平均補間演算の併用により、欠落画素を補間する画素補間回路の構成を説明したが、ソフトウェアによって欠落画素を補間することもできる。なお、ソフトウェアとハードウェアを併用しても良い。

[0247] 図52はソフトウェア処理による欠落画素を補間する動作(画素補間方法)を説明するフローチャートである。

[0248] 図30(a)をも参照してフローチャートの動作を説明する。

ステップs1ではテスト画素T1における左右平均補間演算方法のテスト補間データ(実施の形態6のTD0[T1]に相当)を生成する。

[0249] ステップs2ではテスト画素T1の位置における入力画像DIのデータ(実施の形態6のDI[T1]に相当)とステップs1で生成されたテスト補間データの差分の絶対値を採点データ(実施の形態6のM0[T1]に相当)として生成する。

[0250] 次に、ステップs1に戻って、テスト画素T2における左右平均補間演算方法のテスト補間データ(実施の形態6のTD0[T2]に相当)を生成する。

[0251] ステップs2ではテスト画素T2の位置における入力画像DIのデータ(実施の形態6のDI[T2]に相当)とステップs1で生成されたテスト補間データの差分の絶対値を採点データ(実施の形態6のM0[T2]に相当)として生成する。

[0252] テスト画素T3〜Tmに対しても同様にステップs1とステップs2の手順を繰り返す(ステップs3)。このようにして、全てのテスト画素T1〜Tmにおける左右平均補間演算方法の採点データを得る。

[0253] ステップs4では欠落画素Lにおける左右平均補間演算方法の補間データを生成する。

- [0254] 次に、ステップs1に戻って、テスト画素T1における第1の平均維持補間演算方法のテスト補間データ(実施の形態6のTD1[T1]に相当)を生成する。
- [0255] ステップs2ではテスト画素T1の位置における入力画像DIのデータ(実施の形態6のDI[T1]に相当)とステップs1で生成されたテスト補間データの差分の絶対値を採点データ(実施の形態6のM1[T1]に相当)として生成する。
- [0256] 次に、ステップs1に戻って、テスト画素T2における第1の平均維持補間演算方法のテスト補間データを(実施の形態1のTD1[T2]に相当)を生成する。
- [0257] ステップs2ではテスト画素T2の位置における入力画像DIのデータ(実施の形態6のDI[T2]に相当)とステップs1で生成されたテスト補間データの差分の絶対値を採点データ(実施の形態6のM1[T2]に相当)として生成する。
- [0258] テスト画素T3〜Tmに対しても同様にステップs1とステップs2の手順を繰り返す(ステップs3)。このようにして、全てのテスト画素T1〜Tmにおける第1の平均維持補間演算方法の採点データを得る。
- [0259] ステップs4では欠落画素Lにおける第1の平均維持補間演算方法の補間データを生成する。
- [0260] 第2の平均維持補間演算方法〜第nの平均維持補間演算方法に対しても同様にステップs1〜ステップs4の手順を繰り返す(ステップs5)。左右平均補間演算方法および第1の平均維持補間演算方法〜第nの平均維持補間演算方法のそれぞれについて、全てのテスト画素T1〜Tmにおける採点データと欠落画素Lにおける補間データを得る。
- [0261] ステップs6では補間演算方法ごとに採点データを加算して左右平均補間演算回路および第1の平均維持補間演算方法〜第nの平均維持補間演算方法のそれぞれの評価データ(実施の形態6のS0〜Snに相当)を生成する。
- [0262] ステップs7ではステップs6で生成された評価データに基づいて欠落画素を補間する補間データを選択する。
- [0263] 上記ステップs1〜ステップs7の手順を、最後の欠落画素に達するまで繰り返す(ステップs8)。
- [0264] それぞれのステップにおける処理内容については実施の形態6で詳しく説明したの

で、ここでは説明を省略する。

- [0265] なお、上記の各実施の形態では、画素が左右方向に並んでおり、左右平均補間演算では、欠落画素やテスト用非欠落画素の左右の隣接する画素の平均を求めることにより補間データを生成しているが、画素が上下に並んでいる場合には、欠落画素やテスト用非欠落画素の上下の隣接する画素の平均を求めることにより補間データを生成することになる。このような左右平均補間演算や上下平均補間演算を、隣接画素平均補間演算と総称する。

請求の範囲

- [1] 欠落画素を含む画素の組を構成する複数の画素の値の平均値と欠落画素を含まない画素の組を構成する複数の画素の値の平均値が等しくなるように欠落画素の補間データを求めることを特徴とする平均維持補間演算回路。
- [2] 前記欠落画素を含む画素の組を構成する画素の数と、前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素の数がともに k (k は正の整数)であり、
前記欠落画素を含む画素の組を構成する k 個の画素のうち、前記欠落画素以外の画素の値の合計を求める欠落部合計算出回路と、
前記欠落画素を含まない画素の組を構成する k 個の画素の値の合計を求める非欠落部合計算出回路と、
前記非欠落部合計算出回路の出力から前記欠落部合計算出回路の出力を差し引くことで前記欠落画素の補間データを求める差分回路と
を備えたことを特徴とする請求項1に記載の平均維持補間演算回路。
- [3] 前記非欠落部合計算出回路が、
前記欠落画素を含まない第1の画素の組を構成する k 個の画素の値の和を求める第1の非欠落部加算回路と、
前記欠落画素を含まない第2の画素の組を構成する k 個の画素の値の和を求める第2の非欠落部加算回路と、
前記第1の非欠落部加算回路の出力と、前記第2の非欠落部加算回路の出力の平均を求め、この平均を前記合計として出力する平均回路と
を備えることを特徴とする請求項2に記載の平均維持補間演算回路。
- [4] 前記画素の組の各々が周期的に変化する一連の画素の一部をなすものであり、
前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素と前記欠落画素を含む画素を含む画素の組を構成する画素とが互いに重複せず、前記 k が画素の数で表した画素の変化の周期又はその整数倍に略等しい値に定められることを特徴とする請求項2に記載の平均維持補間演算回路。
- [5] 前記画素の組の各々が周期的に変化する一連の画素の一部をなすものであり、
前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素のうちの i 画素 (i は正の整数)と

前記欠落画素を含む画素を含む画素の組を構成する画素のうちの i 画素とが互いに重複し、前記 k 又は、前記 k から前記 i を差し引いた値が、画素の数で表した画素の変化の周期又はその整数倍に略等しい値に定められることを特徴とする請求項2に記載の平均維持補間演算回路。

- [6] 請求項1に記載の平均維持補間演算回路と、欠落画素の近傍の画素の値の最大値と最小値で出力範囲を制限する回路とを有することを特徴とする画素補間回路。
- [7] 請求項2に記載の平均維持補間演算回路を複数個備え、
これらの平均維持補間演算回路は前記 k 又は $(k-i)$ が互いに異なり、
さらに出力回路を備え、
前記複数の平均維持補間演算回路はそれぞれ欠落画素の補間データを生成し、
前記出力回路は、前記複数の平均維持補間演算回路が出力する補間データの1つを選択して、欠落画素の補間データとして出力することを特徴とする画素補間回路。
- [8] 欠落画素に隣接する画素の値の平均値を補間データとして生成する隣接画素平均補間演算回路をさらに備え、
前記出力回路は、前記複数の平均維持補間演算回路及び前記隣接画素平均補間演算回路が出力する補間データの1つを選択して欠落画素の補間データとして出力することを特徴とする請求項7に記載の画素補間回路。
- [9] 前記欠落画素の近傍の画素の原データと、該欠落画素の近傍の画素について前記欠落画素の補間データを求めるのと同じ方法で求めることにより得られる補間データとに基づいて前記複数の補間演算回路からの補間データのうちの一つを選択させる選択信号を生成する選択信号生成部をさらに備えたことを特徴とする請求項8に記載の画素補間回路。
- [10] 前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記欠落部合計算出回路に、前記欠落画素の近傍のテスト用非欠落画素を含む画素の組を構成する k 個の画素のうち、前記テスト用非欠落画素以外の画素を入力してその値の合計を求めさせ、
前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記非欠落部合計算出回路に、前

記テスト用非欠落画素を含まない画素の組を構成するk個の画素を入力して、その値の合計を求めさせ、

前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記差分回路に、前記非欠落部合計算出回路の出力から前記欠落部合計算出回路の出力を差し引くことで前記テスト用非欠落画素の補間データを求めさせ、

前記隣接画素平均補間演算回路に、前記欠落画素の近傍にあり、前記欠落画素に隣接しないテスト用非欠落画素に隣接する画素を入力してその平均値を前記テスト用非欠落画素の補間データとして求めさせる

制御回路をさらに備え、

前記選択信号生成部は、前記複数の補間演算回路の各々で求められた前記テスト用非欠落画素の補間データと、前記テスト用非欠落画素の原データとに基き、前記補間演算回路を評価し、最良の評価を受けた補間演算回路を選択させるように選択信号の内容を定め、

前記制御回路は、前記複数の平均維持補間演算回路の各々の前記欠落部合計算出回路に前記欠落画素を含む画素の組を構成する画素を入力させ、前記非欠落部合計算出回路に前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素を入力させ、前記隣接画素平均補間演算回路に欠落画素に隣接する画素を入力させ、前記出力回路に、上記のように内容が定められた選択信号に基づき、前記補間演算回路からの補間データの一つを選択して出力させる

ことを特徴とする請求項9に記載の画素補間回路。

- [11] 前記欠落画素の近傍の画素の原データと、該欠落画素の近傍の画素について前記欠落画素の補間データを求めるのと同じ方法で求めることにより得られる補間データとに基づいて前記複数の平均維持補間演算回路からの補間データのうちの一つを選択させる選択信号を生成する選択信号生成部をさらに備えたことを特徴とする請求項7に記載の画素補間回路。

- [12] 前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記欠落部合計算出回路に、前記欠落画素の近傍のテスト用非欠落画素を含む画素の組を構成するk個の画素のうち、前記テスト用非欠落画素以外の画素を入力してその値の合計を求めさせ、

前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記非欠落部合計算出回路に、前記テスト用非欠落画素を含まない画素の組を構成する k 個の画素を入力して、その値の合計を求めさせ、

前記複数の平均維持補間演算回路の各々の、前記差分回路に、前記非欠落部合計算出回路の出力から前記欠落部合計算出回路の出力を差し引くことで前記テスト用非欠落画素の補間データを求めさせる

制御回路をさらに備え、

前記選択信号生成部は、前記複数の平均維持補間演算回路の各々で求められた前記テスト用非欠落画素の補間データと、前記テスト用非欠落画素の原データとに基き、前記平均維持補間演算回路を評価し、最良の評価を受けた平均維持補間演算回路を選択させるように選択信号の内容を定め、

前記制御回路は、前記複数の平均維持補間演算回路の各々の前記欠落部合計算出回路に前記欠落画素を含む画素の組を構成する画素を入力させ、前記非欠落部合計算出回路に前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素を入力させ、前記出力回路に、上記のように内容が定められた選択信号に基づき、前記複数の補間演算回路からの補間データの一つを選択して出力させる

ことを特徴とする請求項11に記載の画素補間回路。

[13] 欠落画素を含む画素の組を構成する複数の画素の値の平均値と欠落画素を含まない画素の組を構成する複数の画素の値の平均値が等しくなるように欠落画素の補間データを求めることを特徴とする平均維持補間演算方法。

[14] 前記欠落画素を含む画素の組を構成する画素の数と、前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素の数がともに k (k は正の整数)であり、

前記欠落画素を含む画素の組を構成する k 個の画素のうち、前記欠落画素以外の画素の値の合計を求める欠落部合計算出ステップと、

前記欠落画素を含まない画素の組を構成する k 個の画素の値の合計を求める非欠落部合計算出ステップと、

前記非欠落部合計算出ステップの算出結果から前記欠落部合計算出ステップの算出結果を差し引くことで前記欠落画素の補間データを求める差分ステップと

を備えたことを特徴とする請求項13に記載の平均維持補間演算方法。

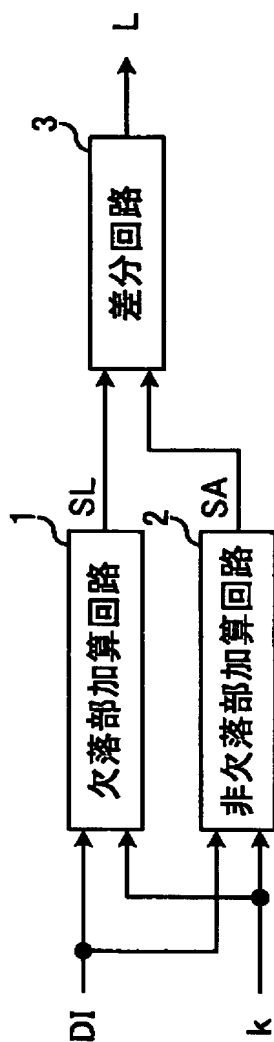
- [15] 前記非欠落部合計算出ステップが、
前記欠落画素を含まない第1の画素の組を構成するk個の画素の値の和を求める第1の非欠落部加算ステップと、
前記欠落画素を含まない第2の画素の組を構成するk個の画素の値の和を求める第2の非欠落部加算ステップと、
前記第1の非欠落部加算ステップの加算結果と、前記第2の非欠落部加算ステップの加算結果の平均を求め、この平均を前記合計として出力する平均ステップと
を備えることを特徴とする請求項14に記載の平均維持補間演算方法。
- [16] 前記画素の組の各々が周期的に変化する一連の画素の一部をなすものであり、
前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素と前記欠落画素を含む画素を含む画素の組を構成する画素とが互いに重複せず、前記kが画素の数で表した画素の変化の周期又はその整数倍に略等しい値に定められることを特徴とする請求項14に記載の平均維持補間演算方法。
- [17] 前記画素の組の各々が周期的に変化する一連の画素の一部をなすものであり、
前記欠落画素を含まない画素の組を構成する画素のうちのi画素(iは正の整数)と、
前記欠落画素を含む画素を含む画素の組を構成する画素のうちのi画素とが互いに重複し、前記k又は、前記kから前記iを差し引いた値が、画素の数で表した画素の変化の周期又はその整数倍に略等しい値に定められることを特徴とする請求項14に記載の平均維持補間演算方法。
- [18] 請求項13の平均維持補間演算方法で求められた補間データに対し、欠落画素の近傍の画素の値の最大値と最小値で出力範囲を制限するステップをさらに有することを特徴とする画素補間方法。
- [19] 請求項14に記載の平均維持補間演算ステップを複数の互い異なる前記k又は(k-i)について行って、それぞれに場合について欠落画素の補間データを生成し、
前記出力ステップは、前記複数の平均維持補間演算ステップが出力する補間データの1つを選択して、欠落画素の補間データとして出力する

ことを特徴とする画素補間方法。

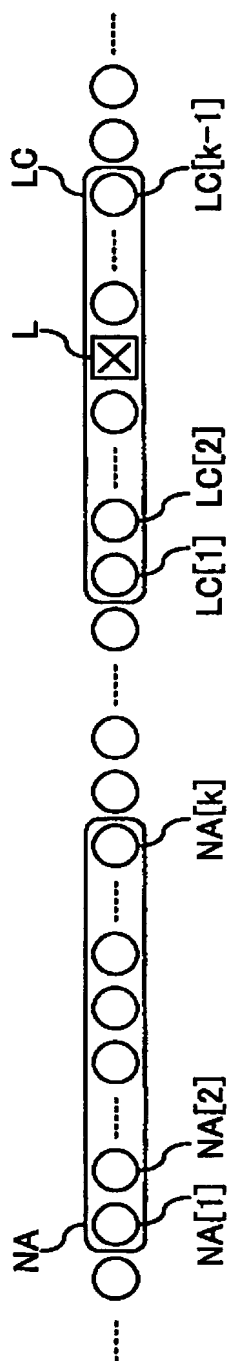
- [20] 欠落画素に隣接する画素の値の平均値を補間データとして生成する隣接画素平均補間演算ステップをさらに備え、

前記出力ステップは、前記複数の平均維持補間演算ステップ及び前記隣接画素平均補間演算ステップが出力する補間データの1つを選択して欠落画素の補間データとして出力することを特徴とする請求項19に記載の画素補間方法。

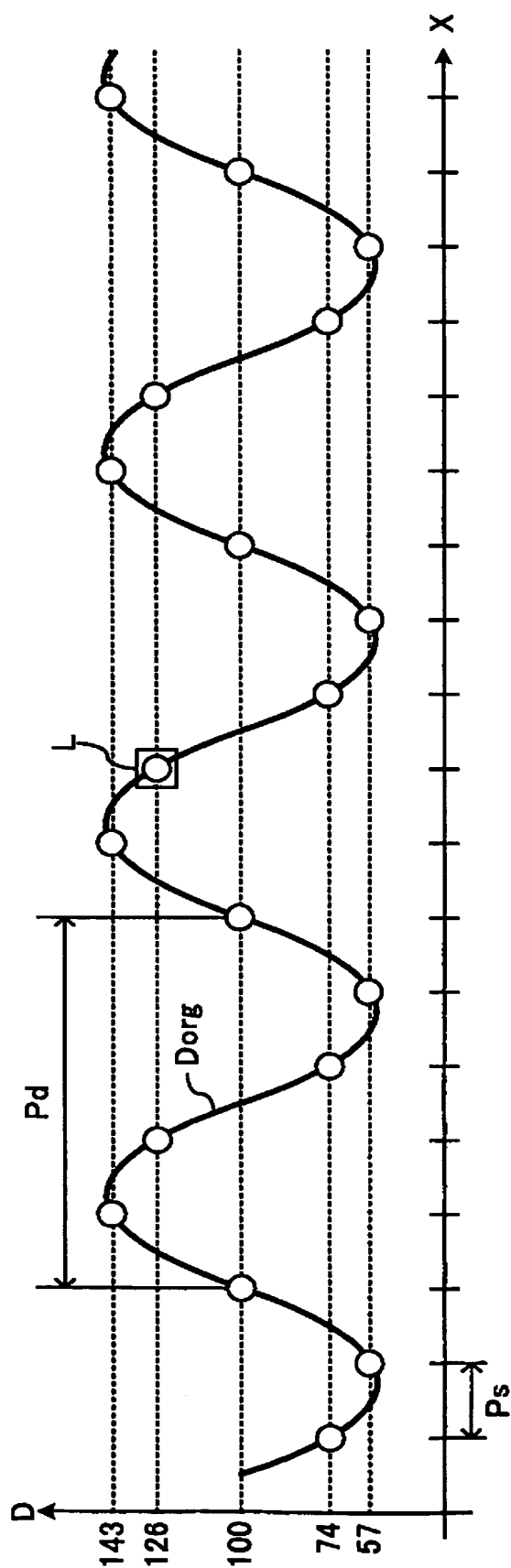
[図1]



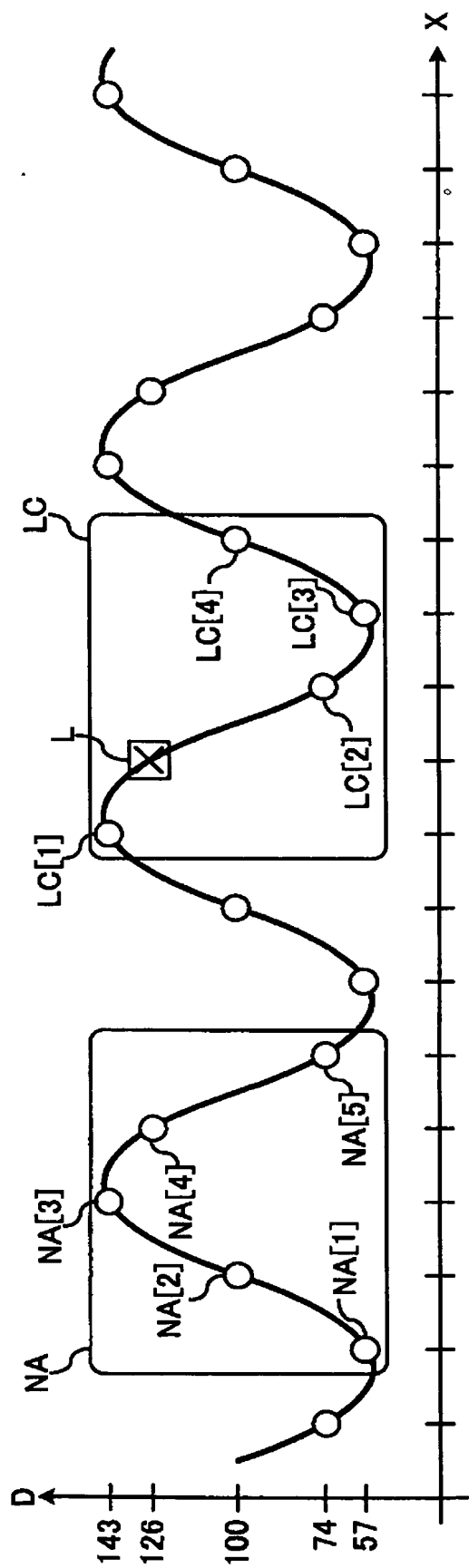
[図2]



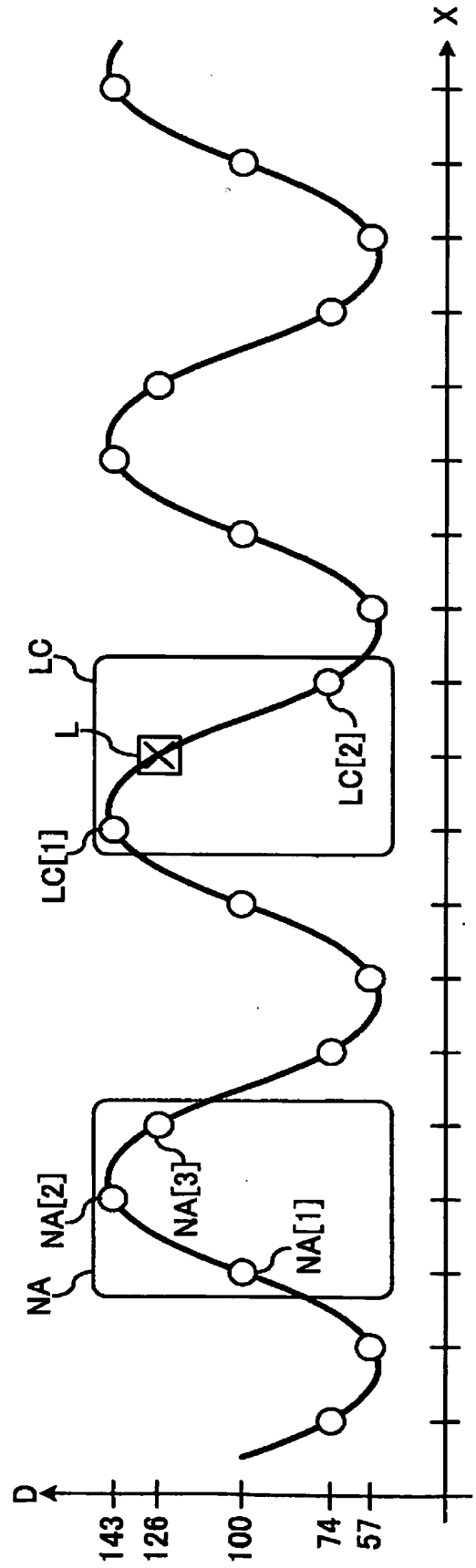
[図3]



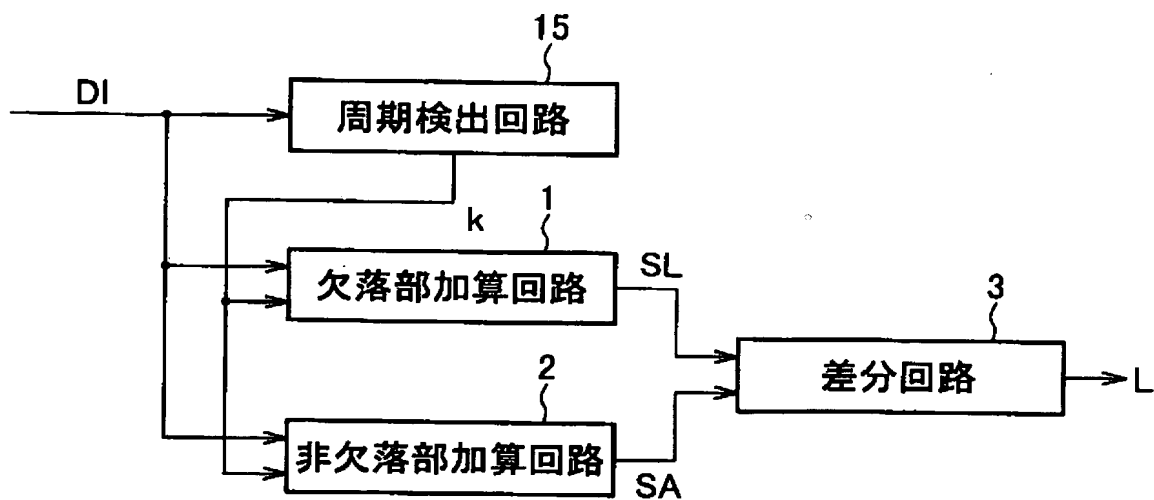
[図4]



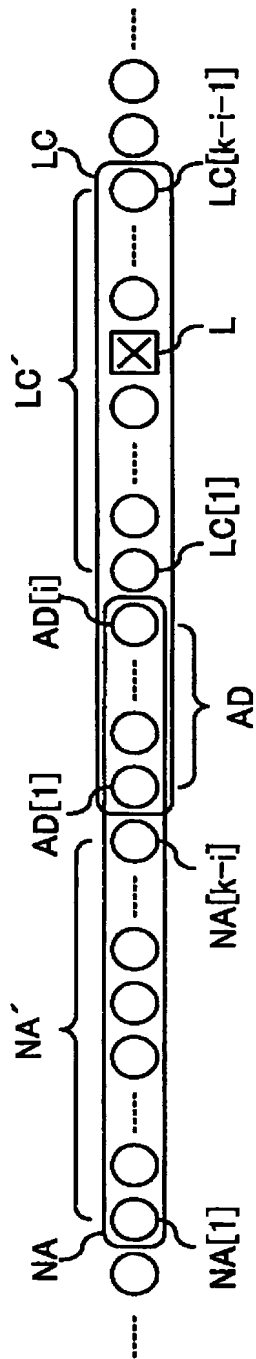
[図5]



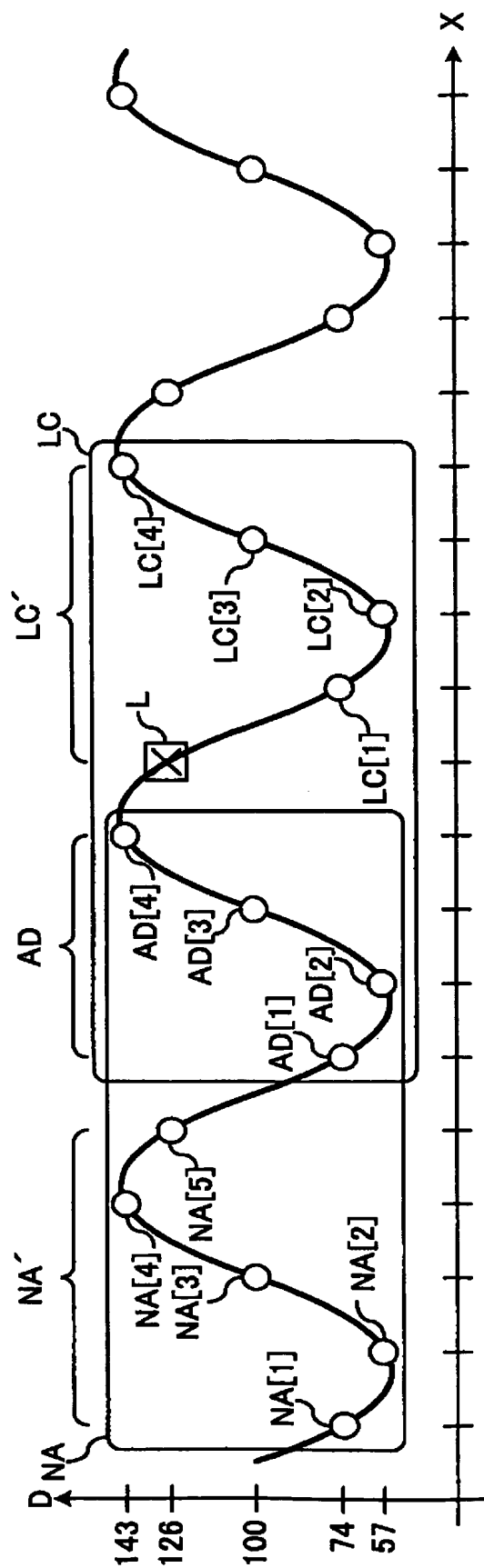
[図6]

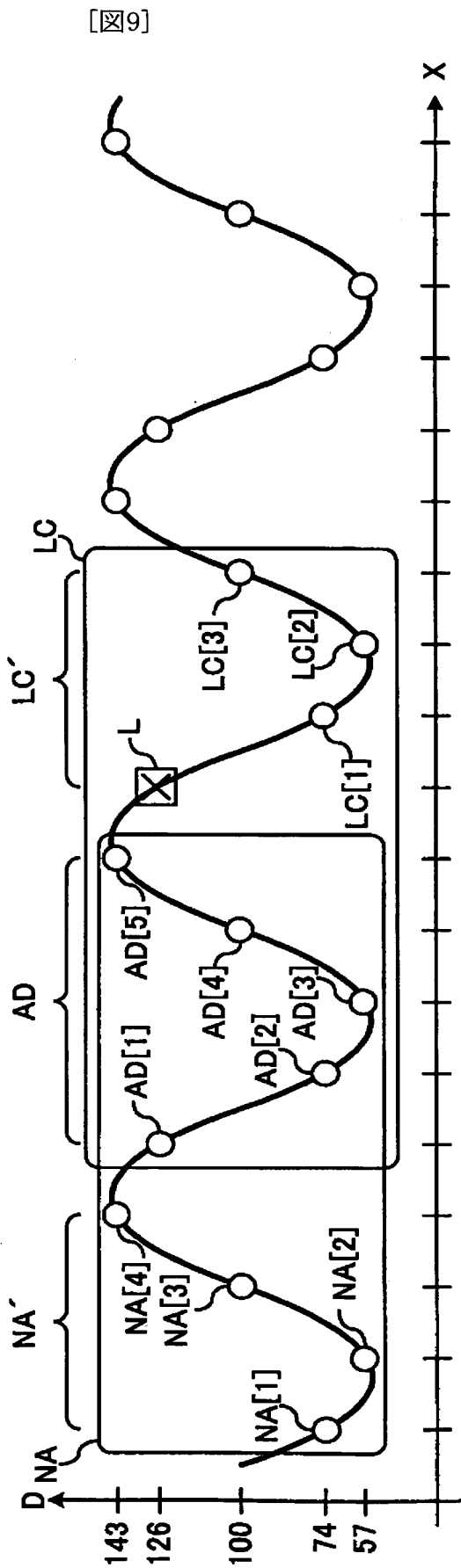


[図7]

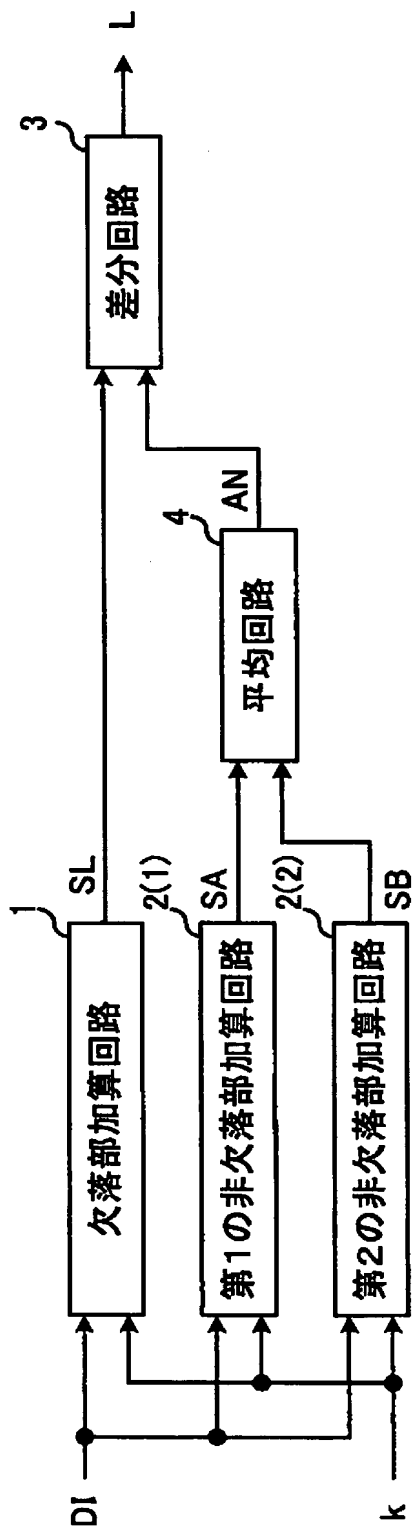


[図8]

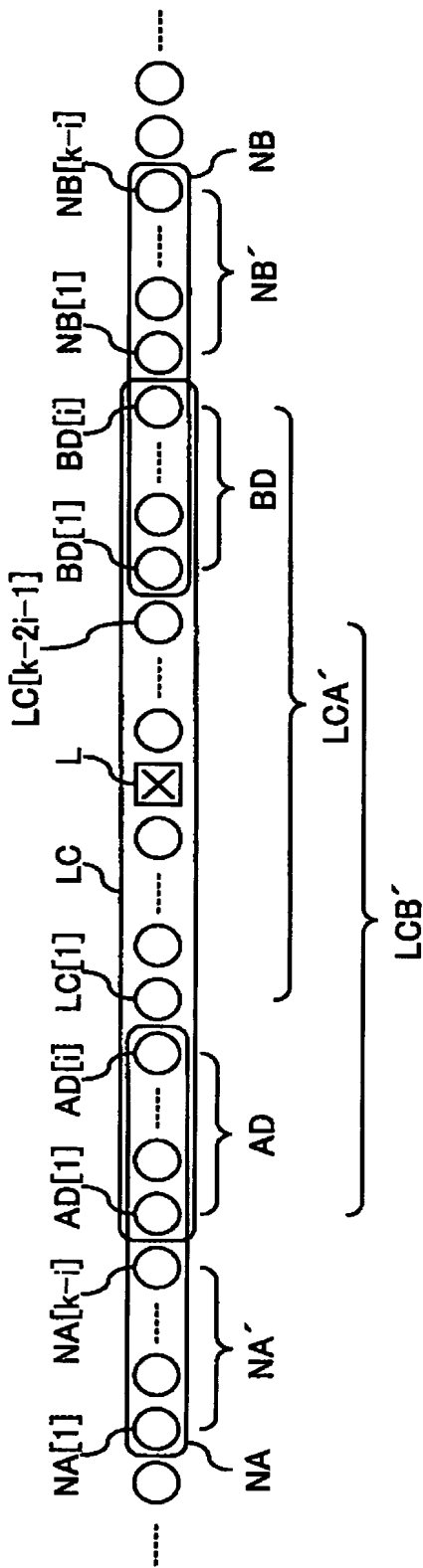




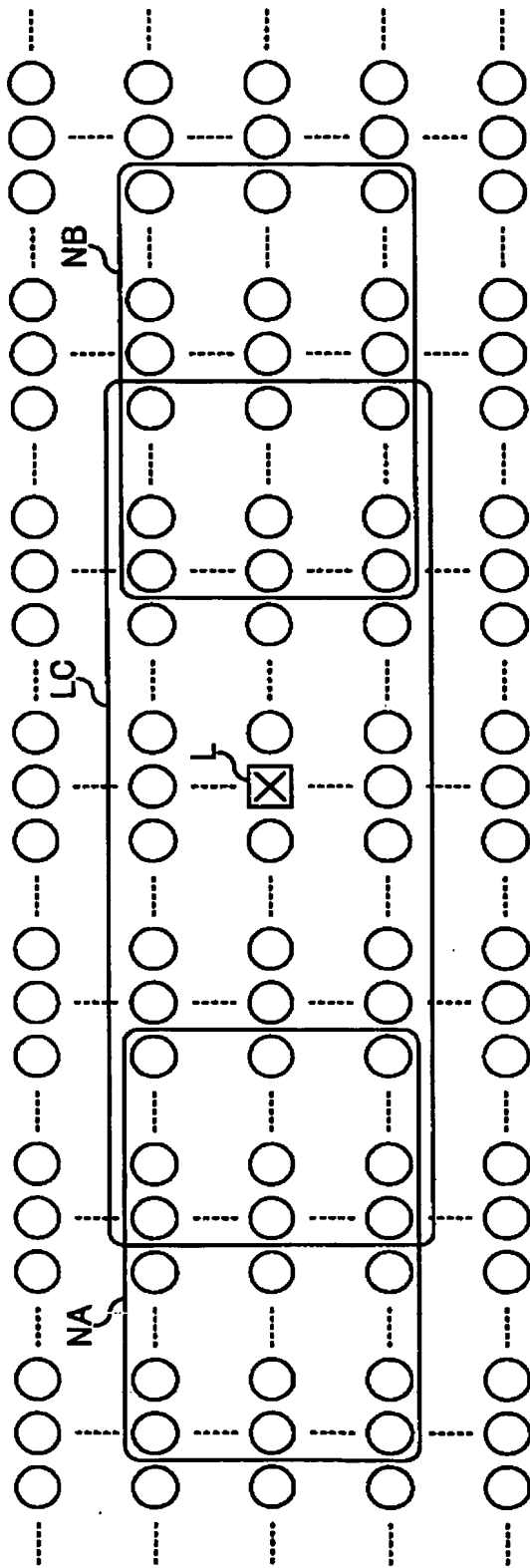
[図10]




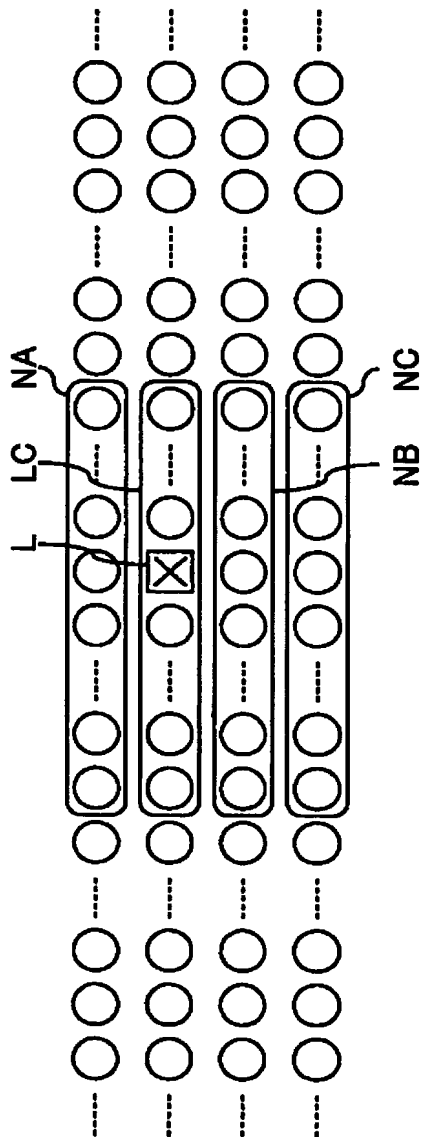
[図11]



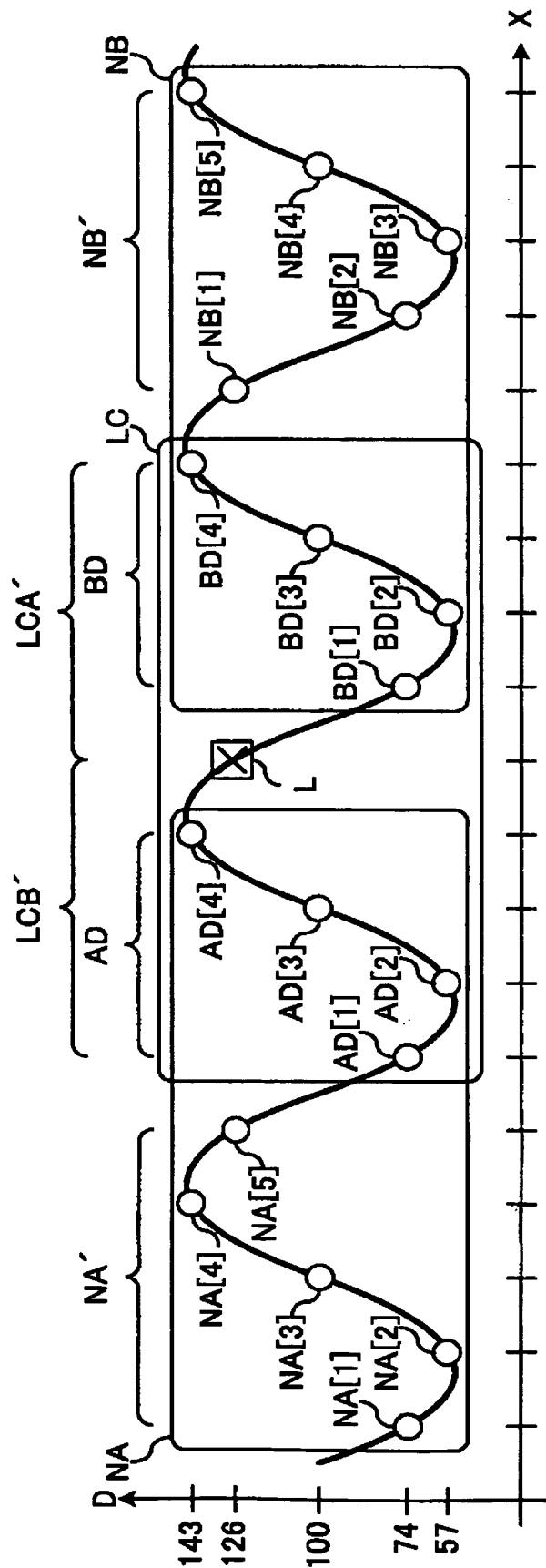
[図12]



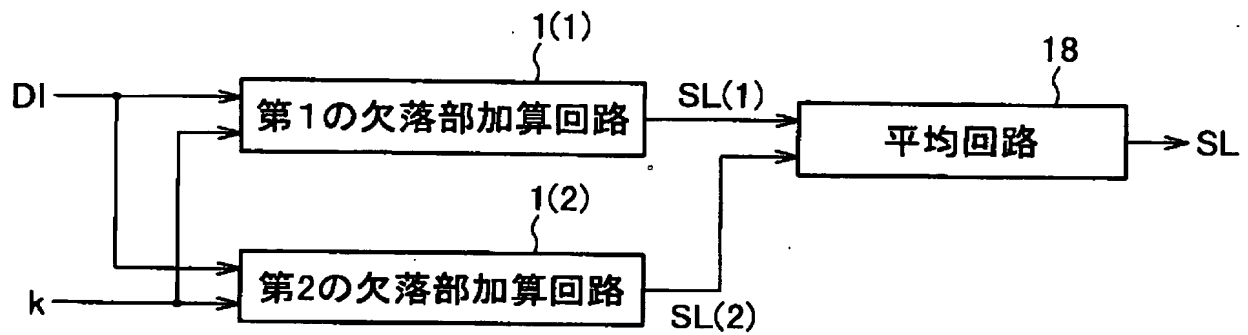
[13]



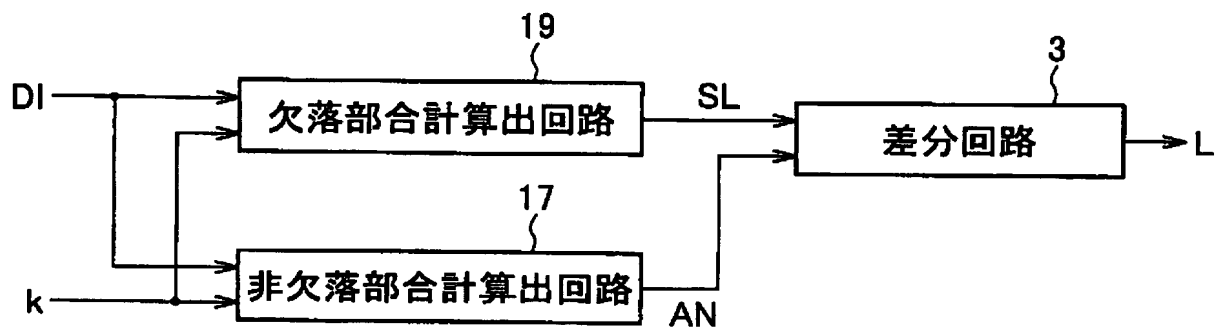
[図14]



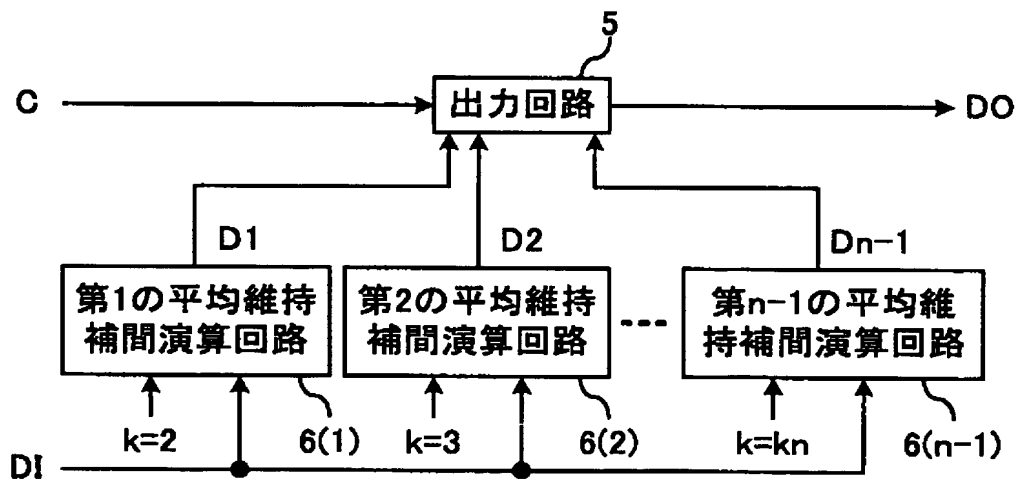
[図15]



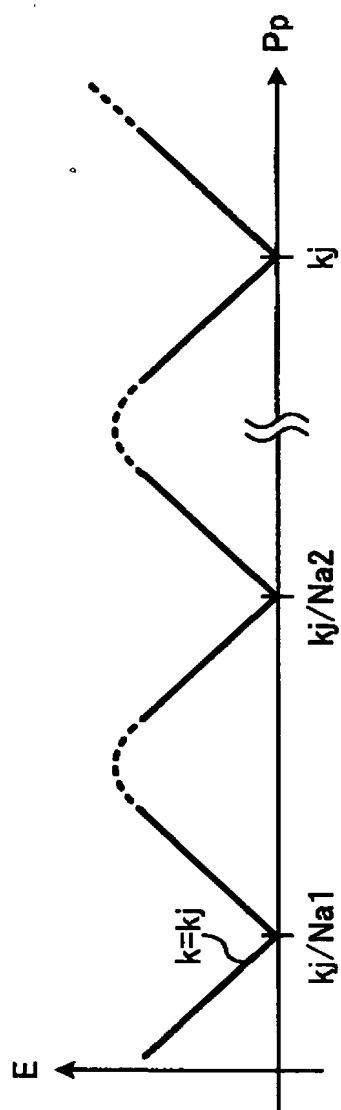
[図16]



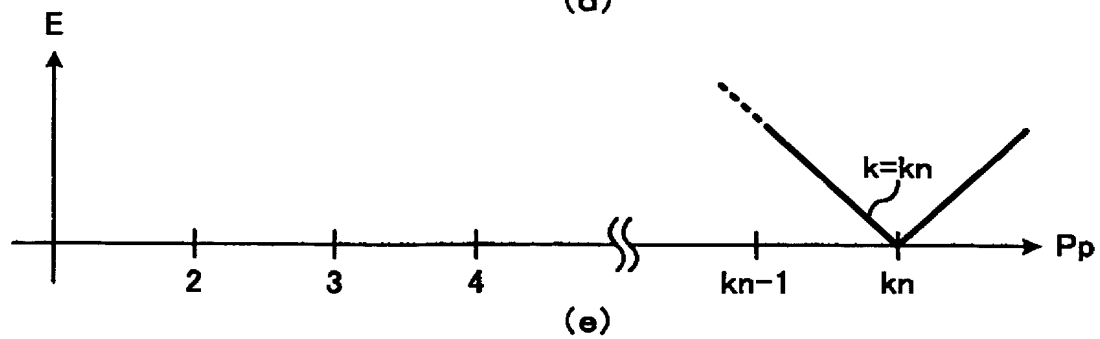
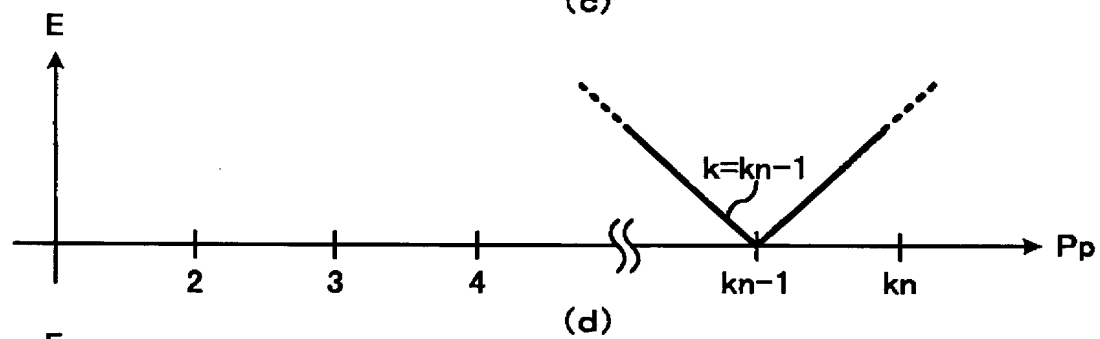
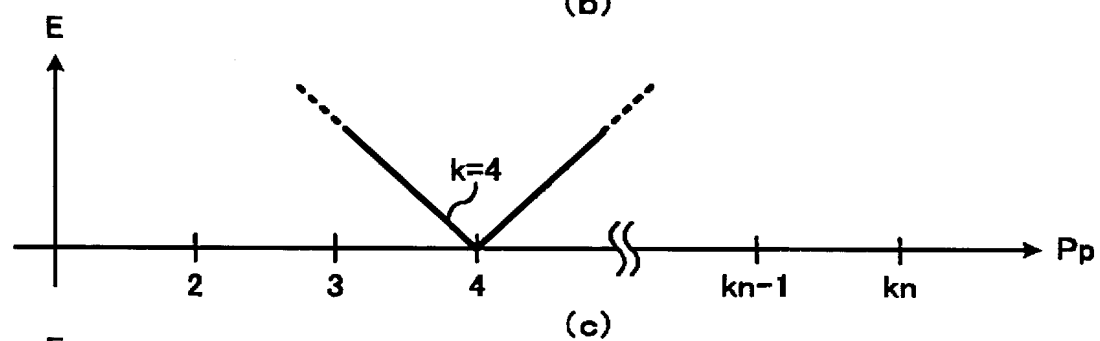
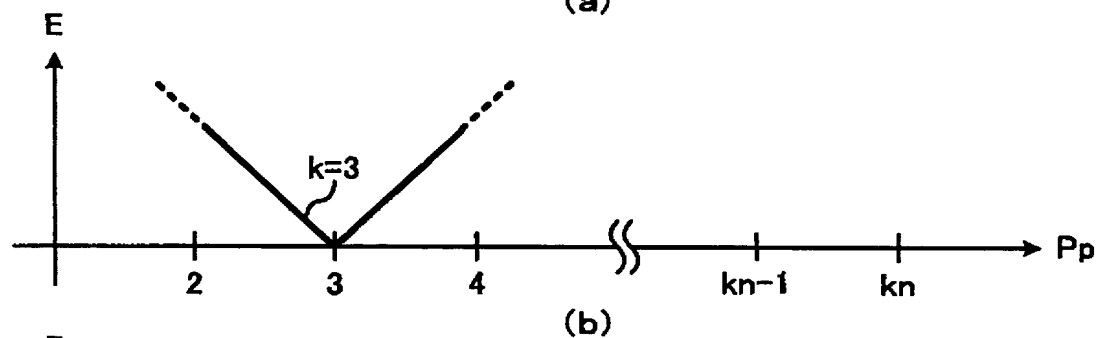
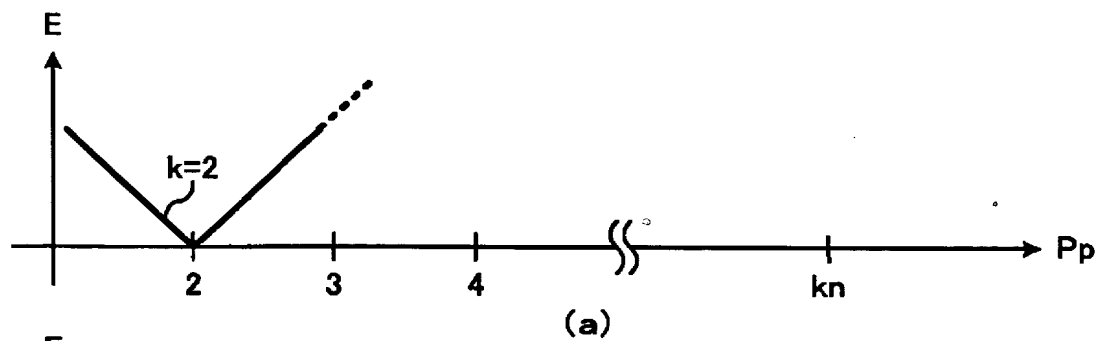
[図17]



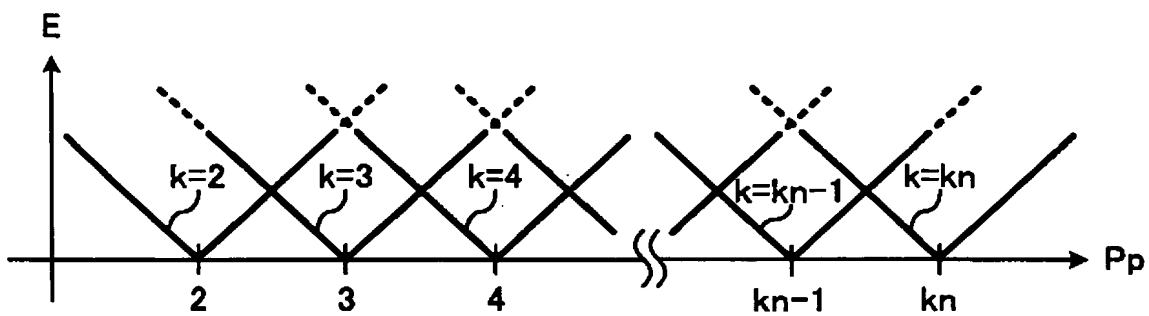
[図18]



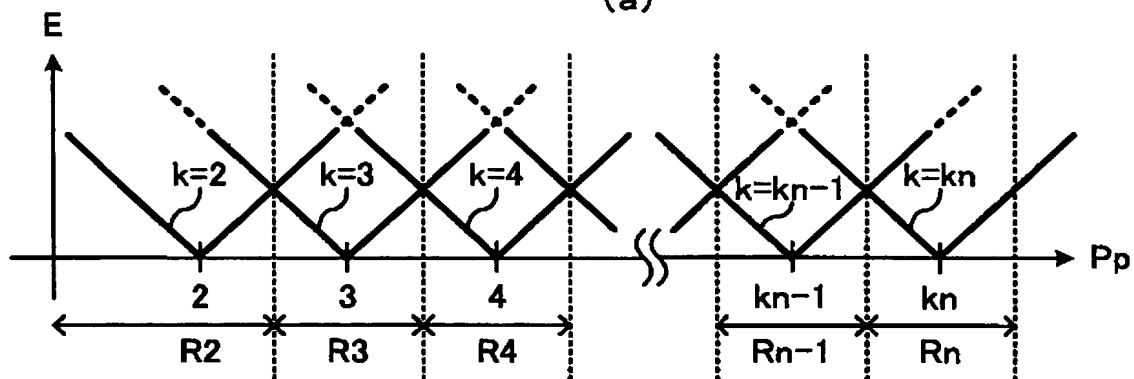
[図19]



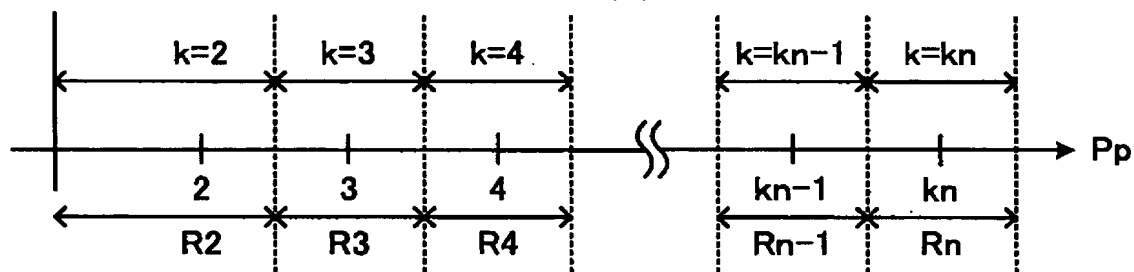
[図20]



(a)

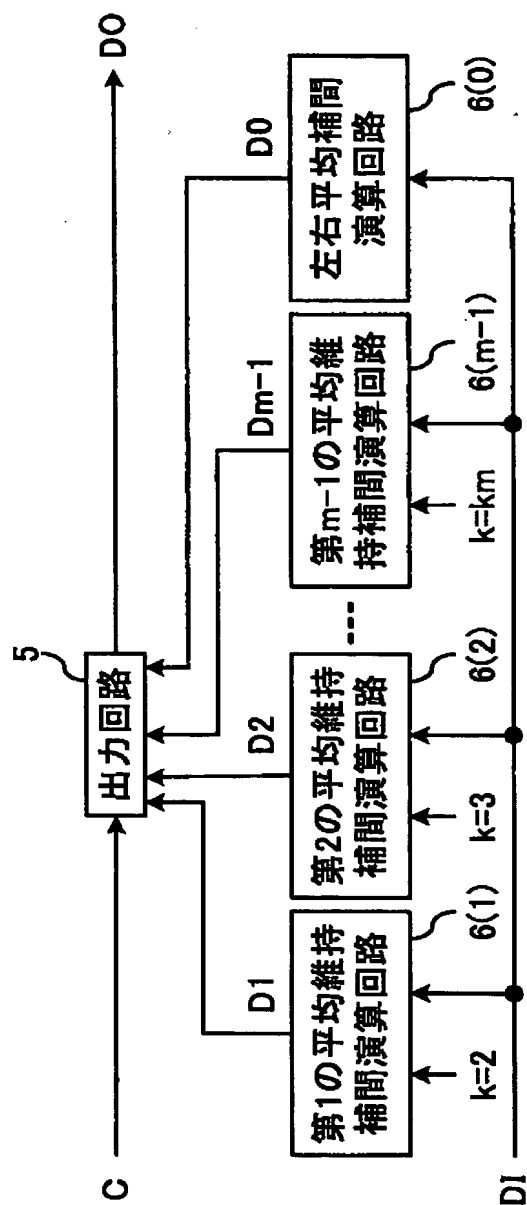


(b)

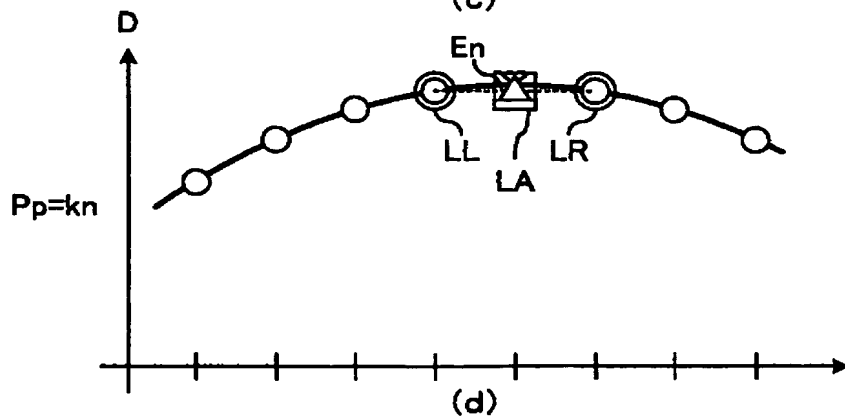
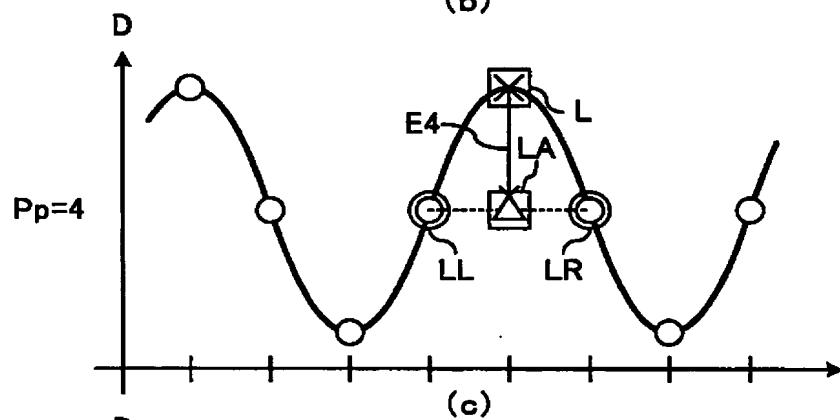
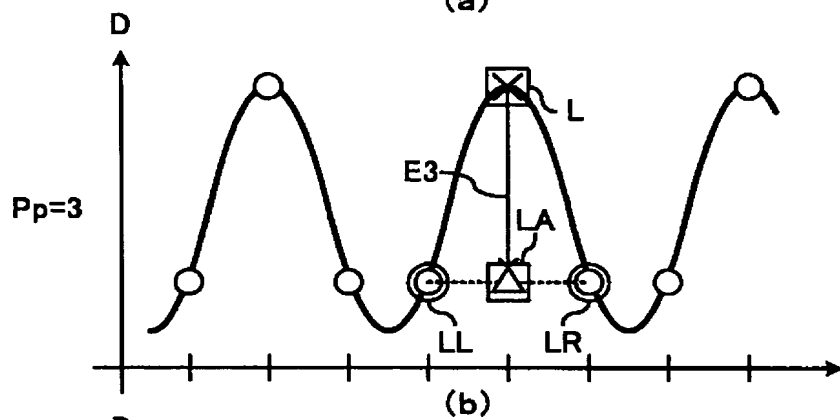
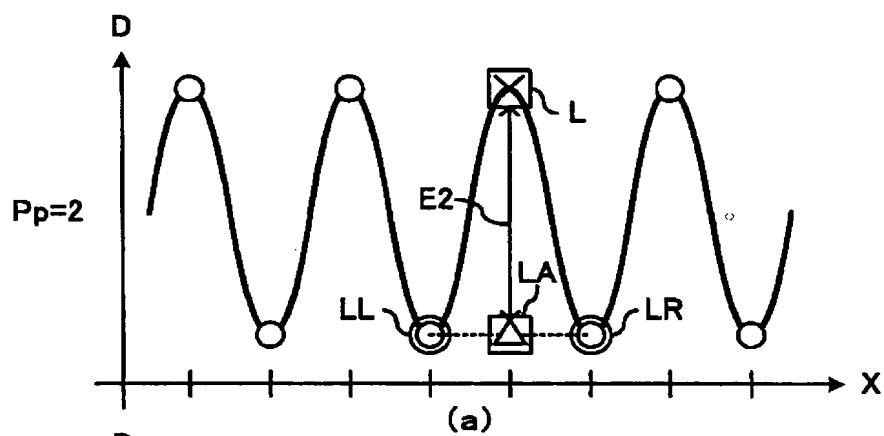


(c)

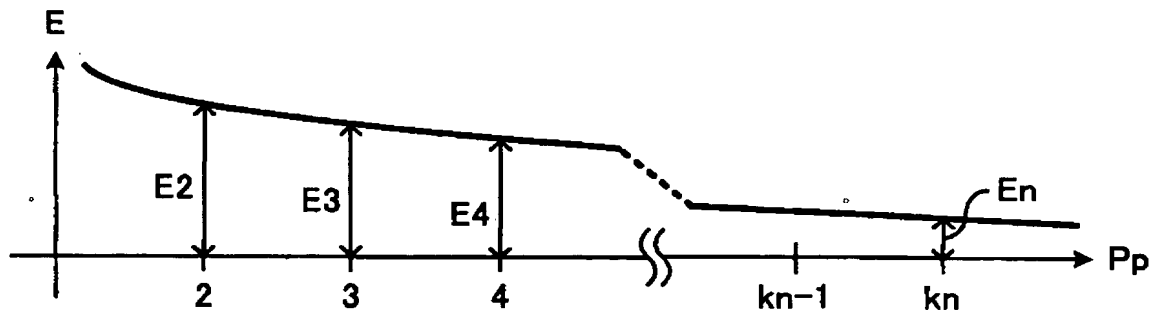
[図21]



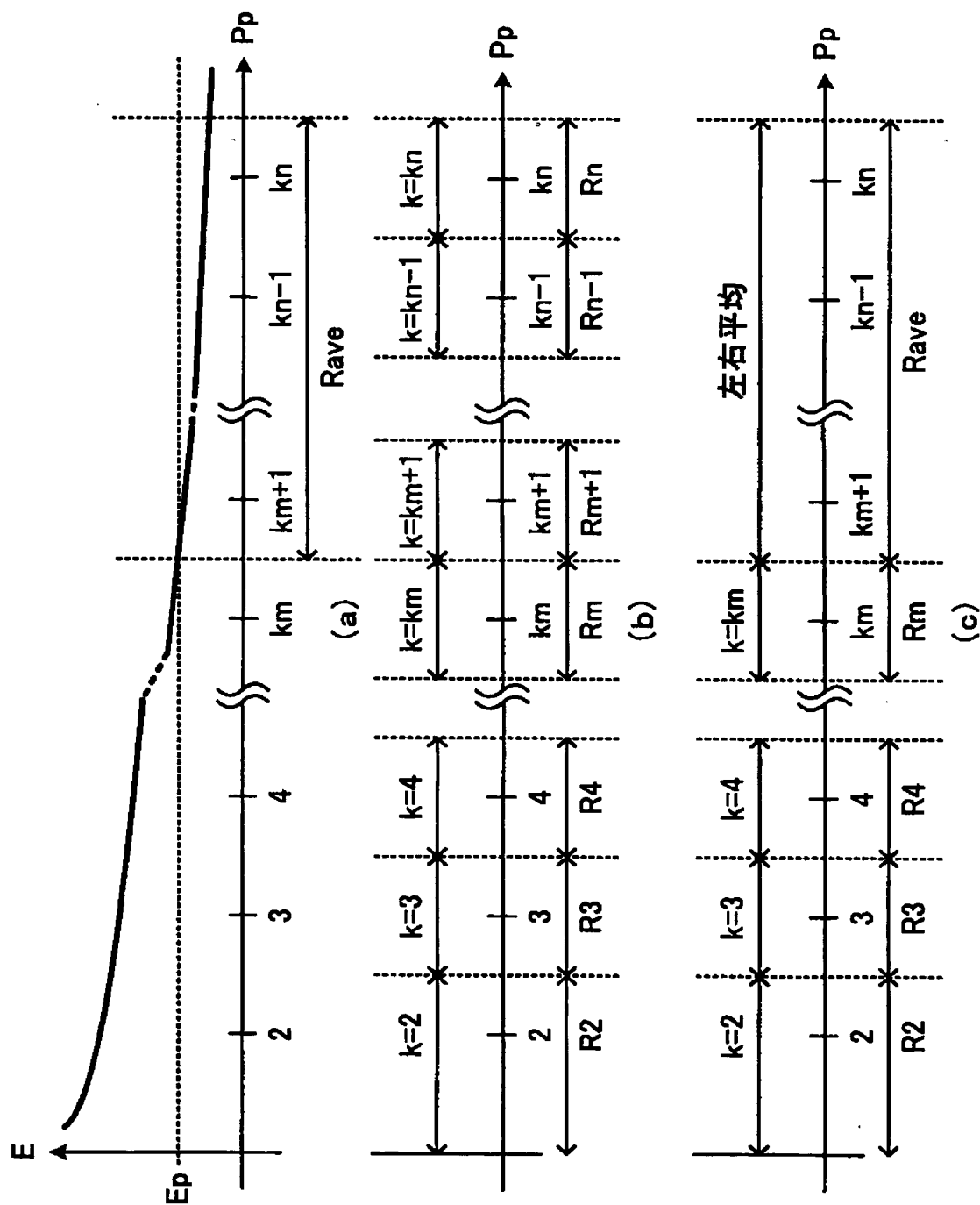
[22]



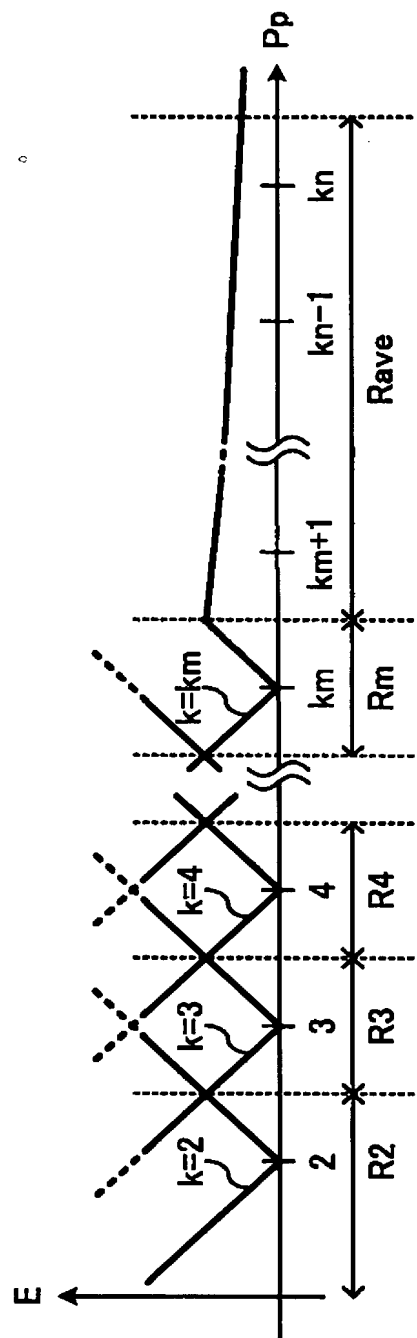
[図23]



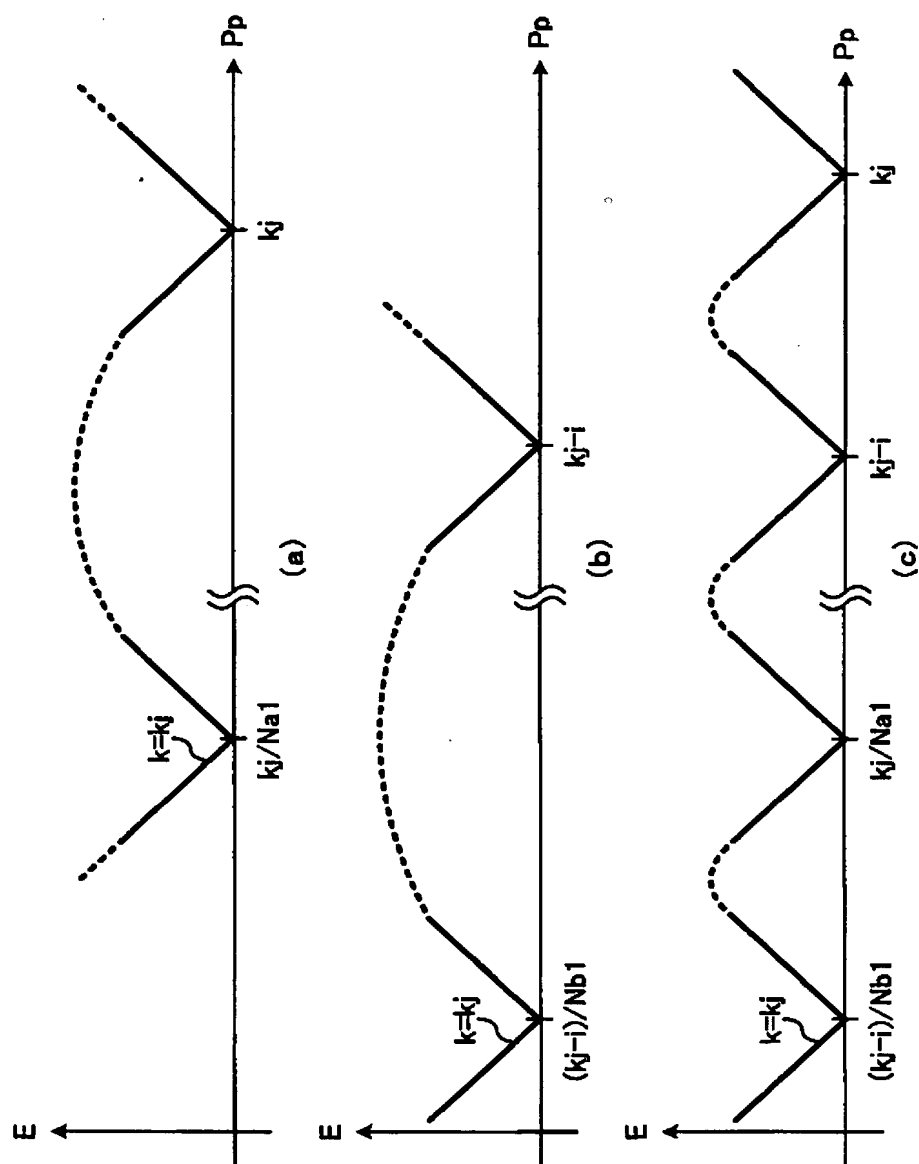
[圖24]



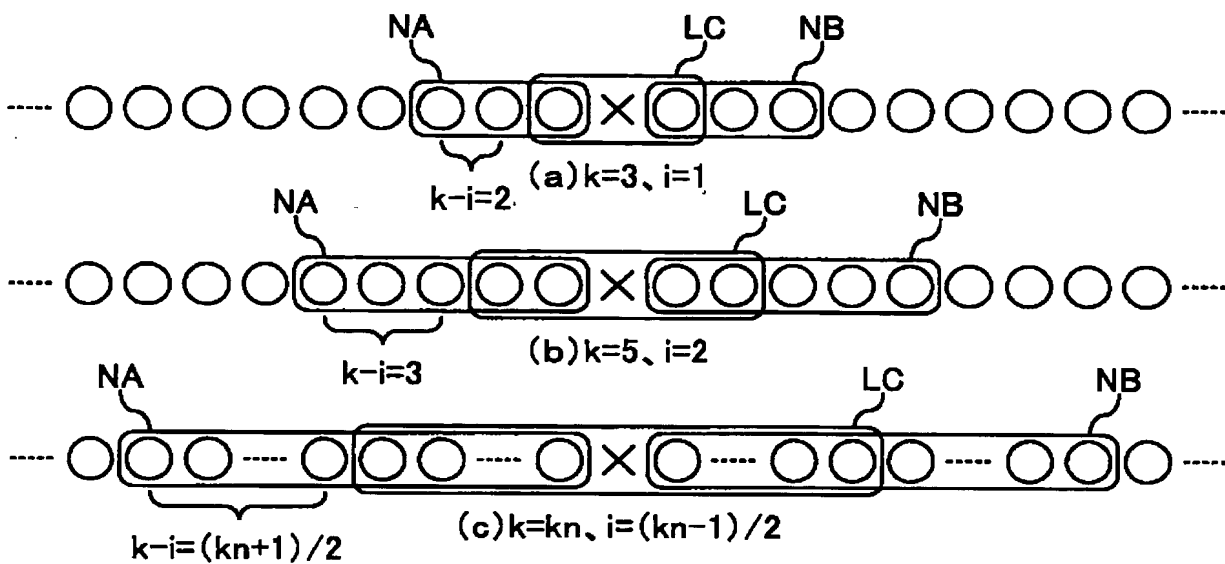
[図25]



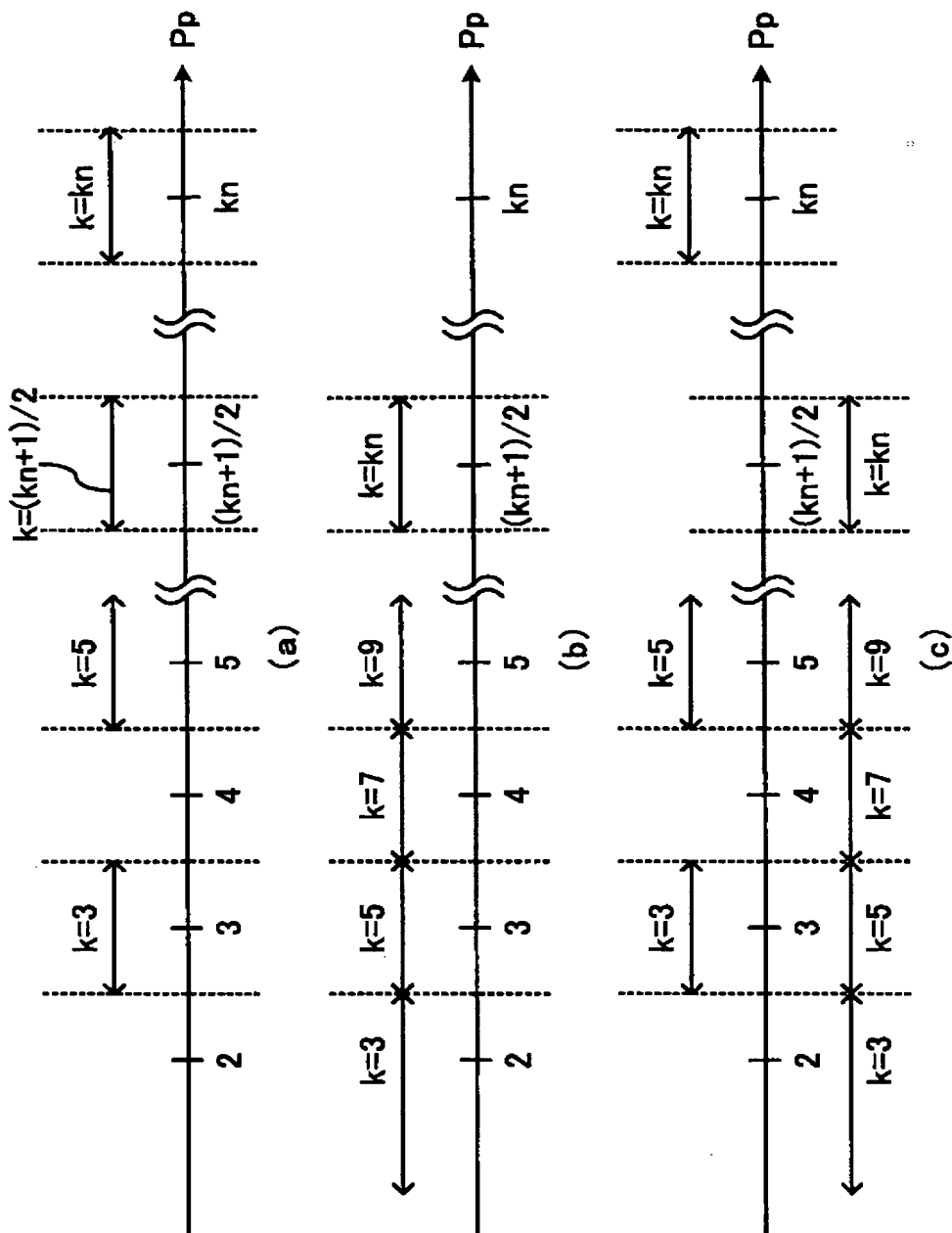
[図26]



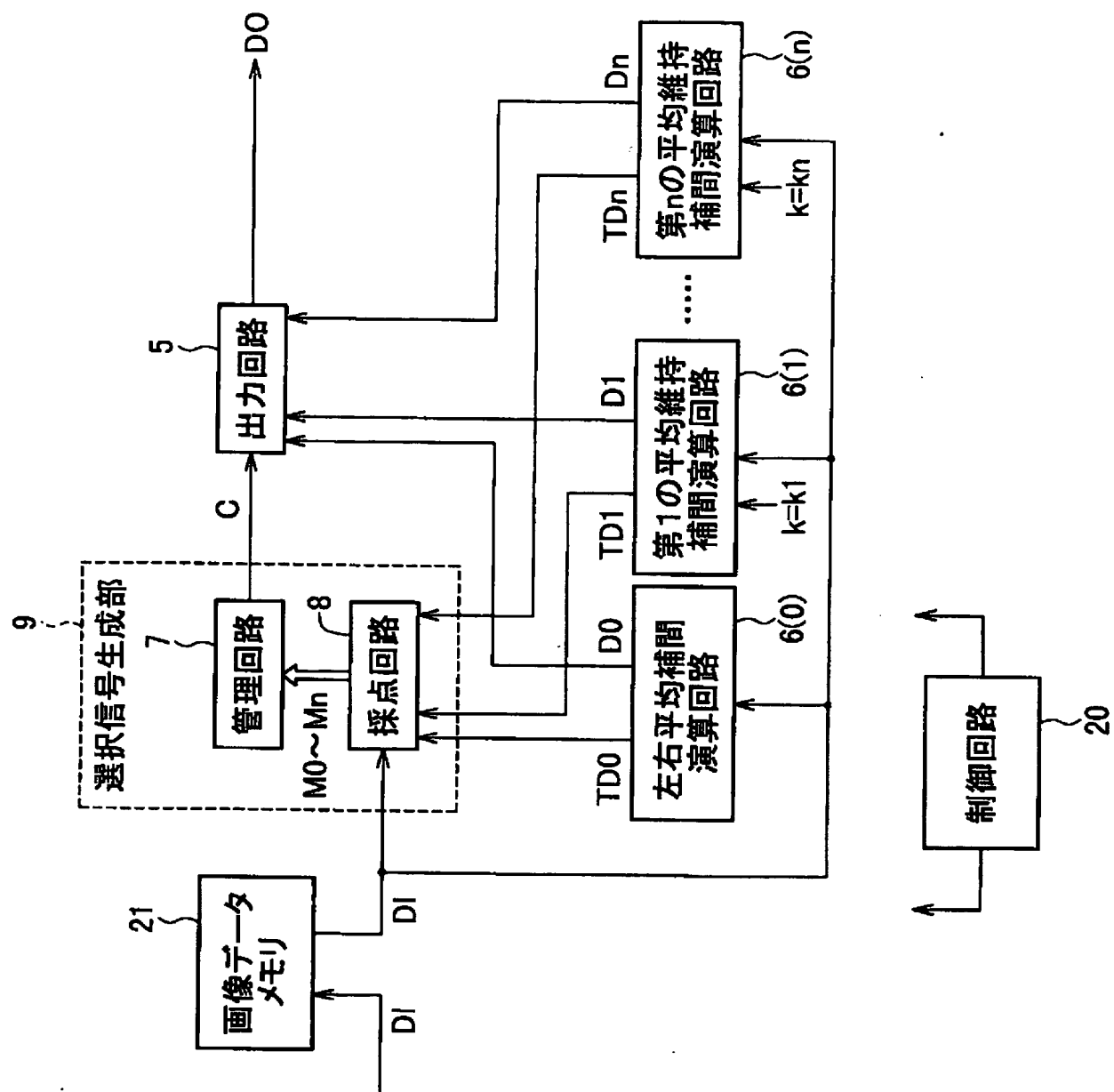
[図27]



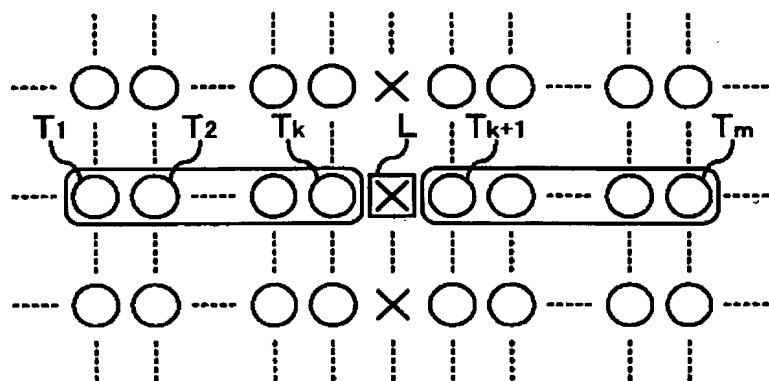
[図28]



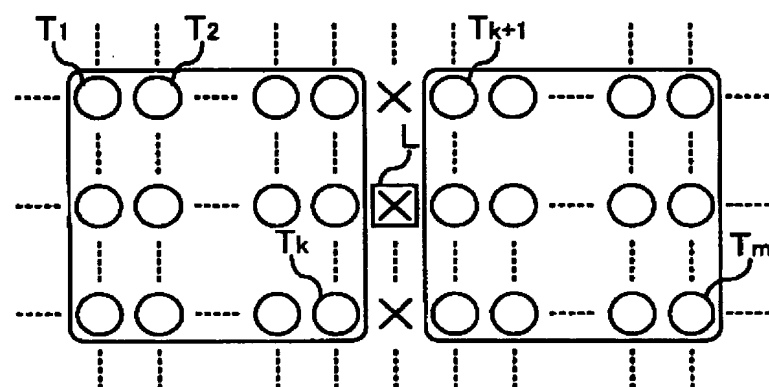
[図29]



[図30]



(a)



(b)

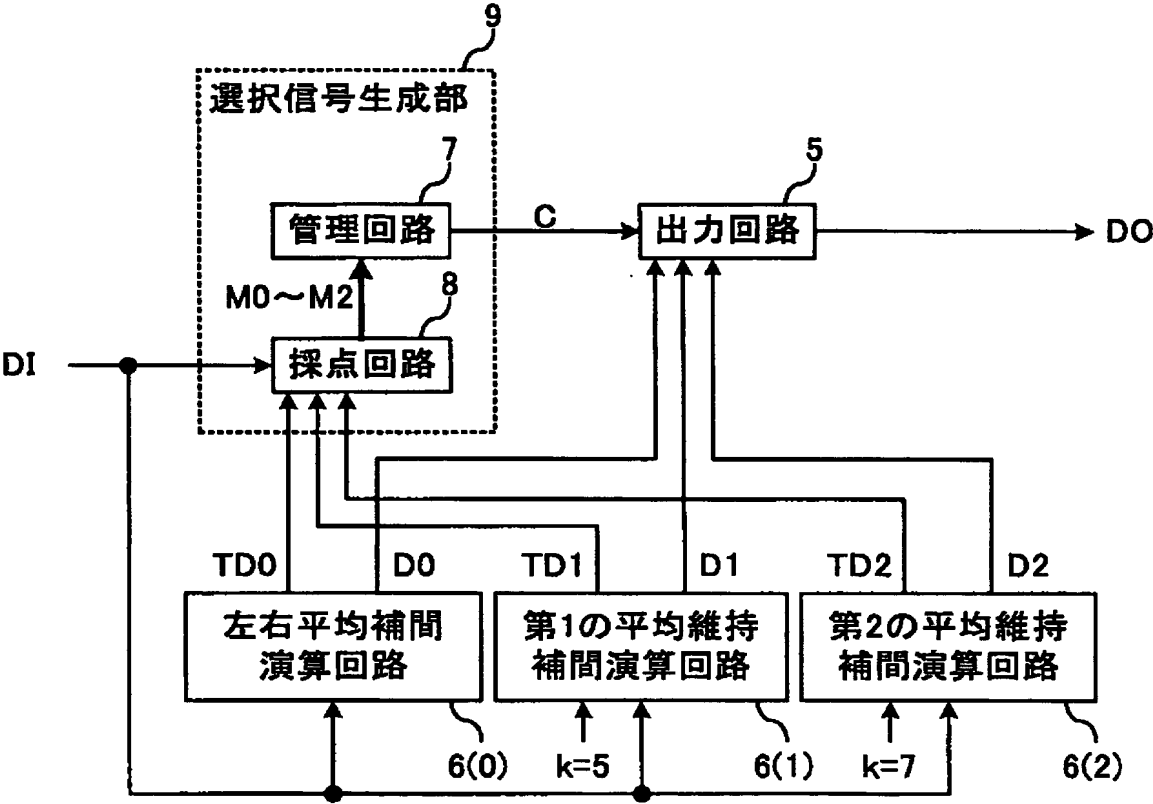
[図31]

	T_1	T_2	-----	T_m
左右平均補間演算回路	$M0[T_1]$	$M0[T_2]$	-----	$M0[T_m]$
第1の平均維持補間演算回路	$M1[T_1]$	$M1[T_2]$	-----	$M1[T_m]$
⋮	⋮	⋮		⋮
第nの平均維持補間演算回路	$Mn[T_1]$	$Mn[T_2]$	-----	$Mn[T_m]$

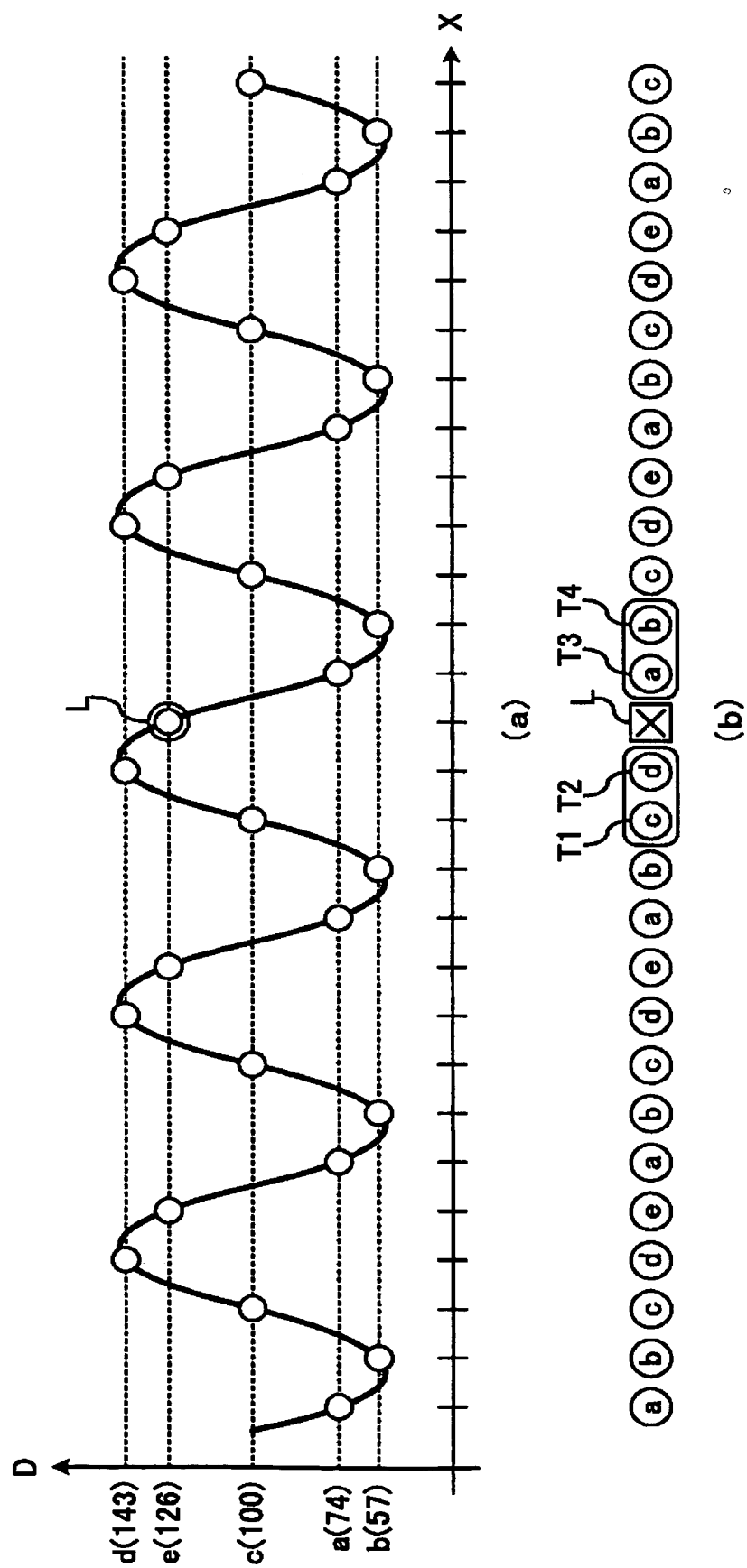
[図32]

左右平均補間演算回路	S0
第1の平均維持補間演算回路	S1
⋮	⋮
第nの平均維持補間演算回路	Sn

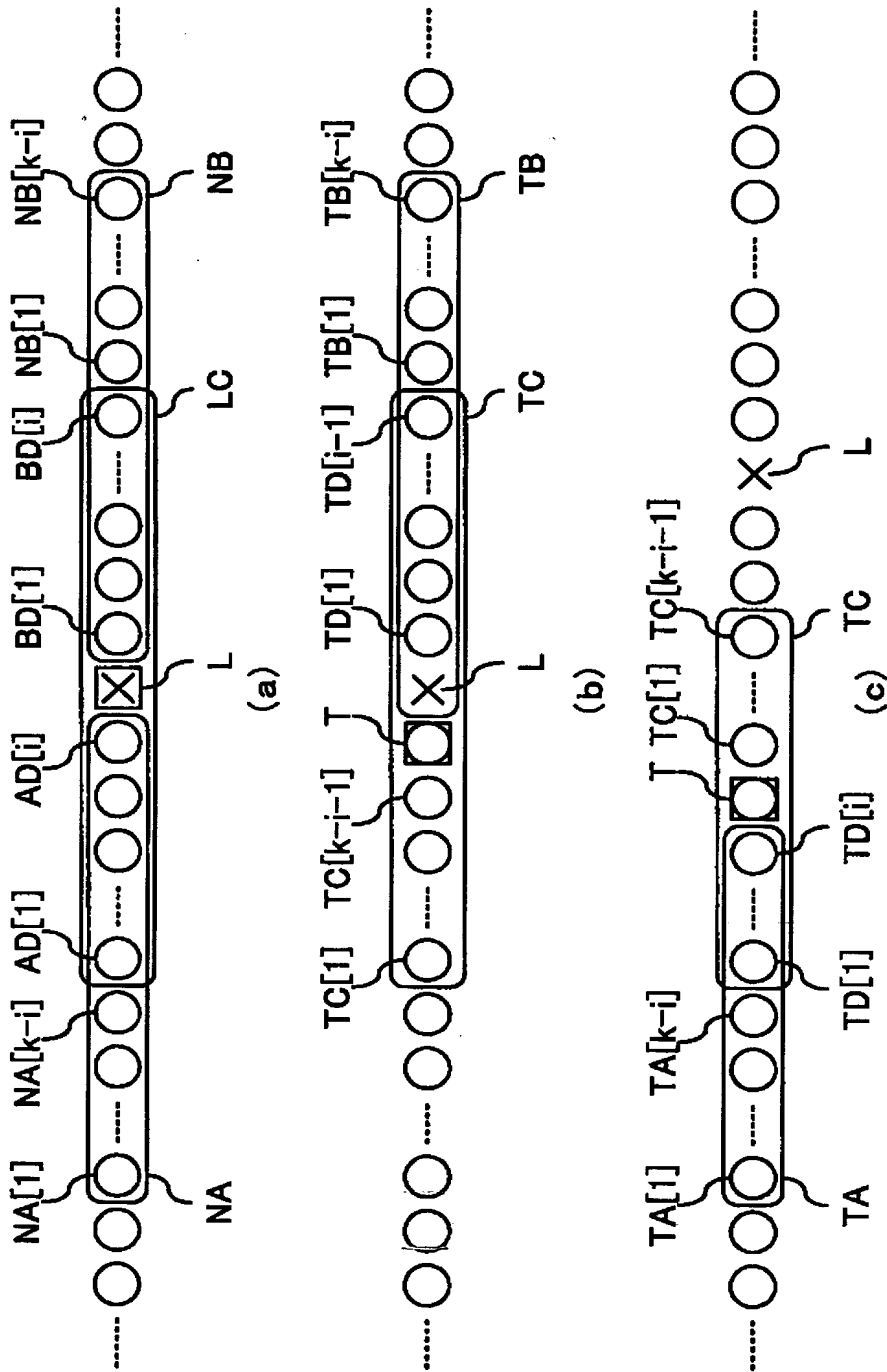
[図33]



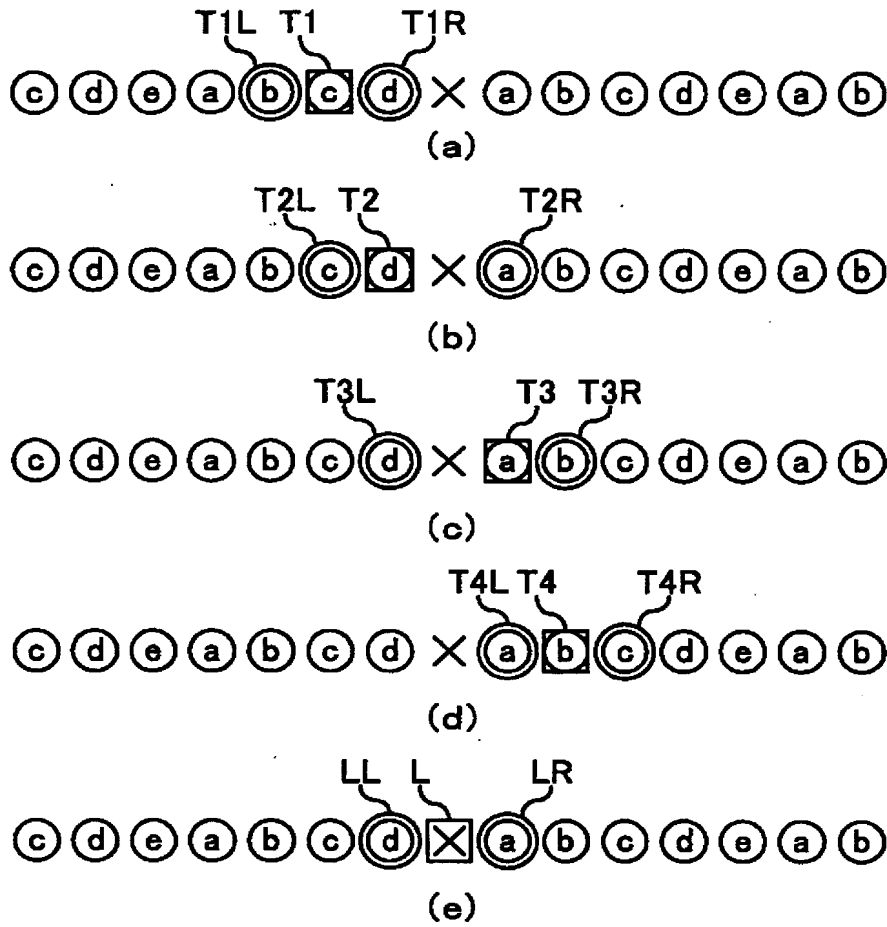
[図34]



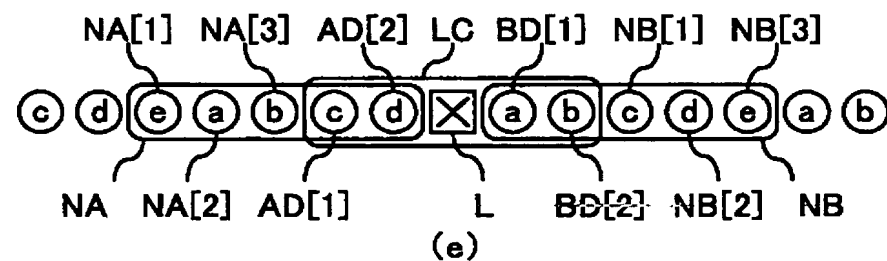
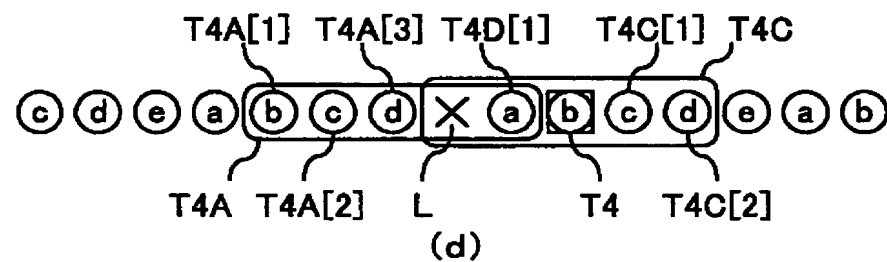
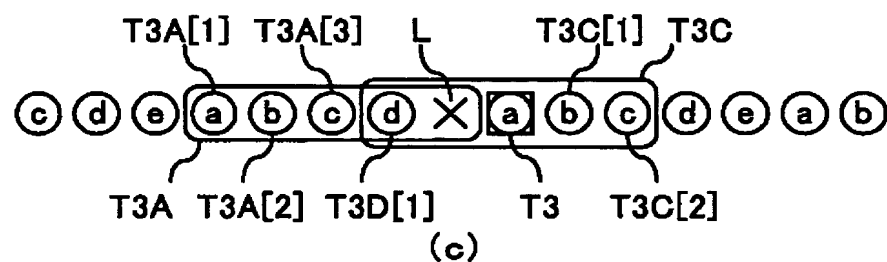
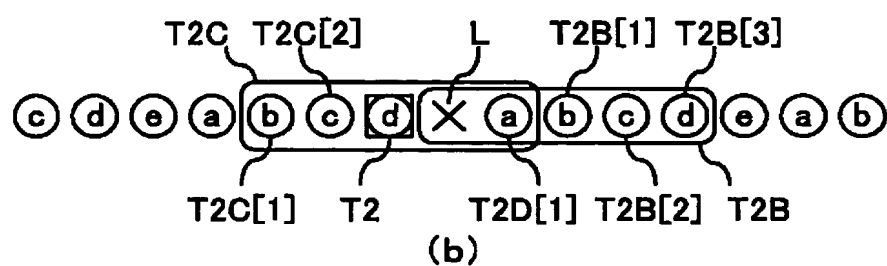
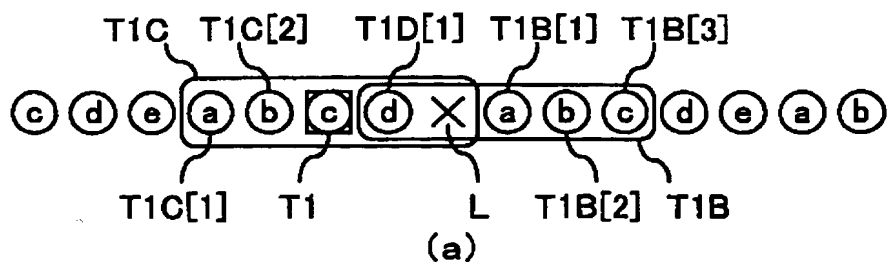
[図35]



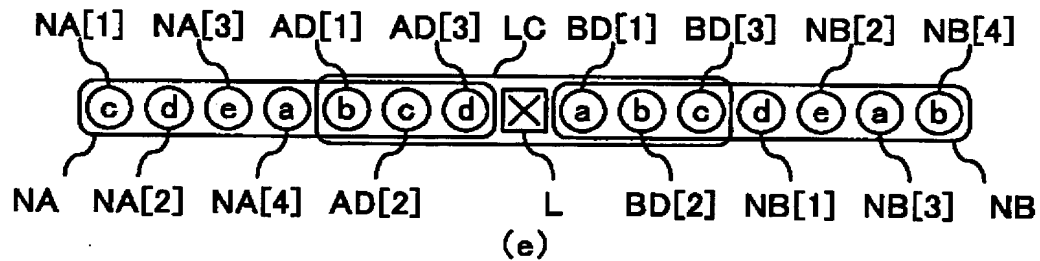
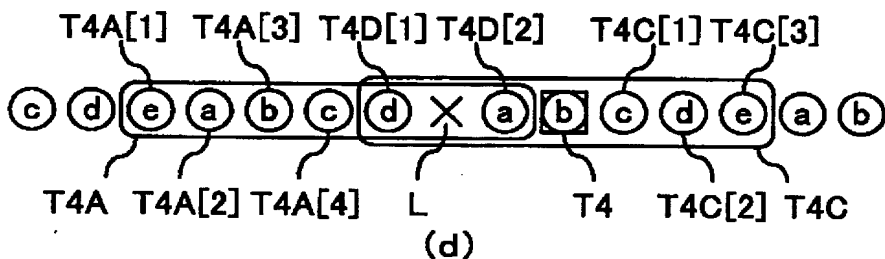
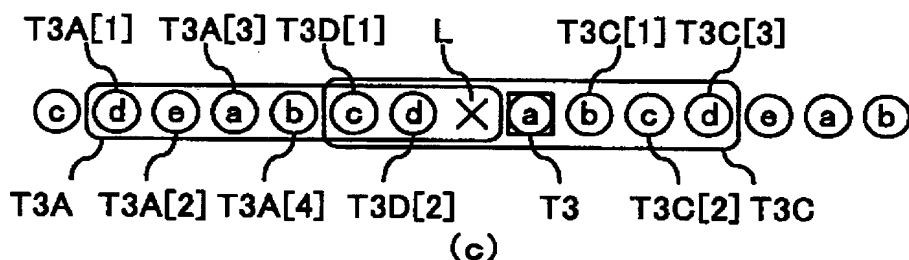
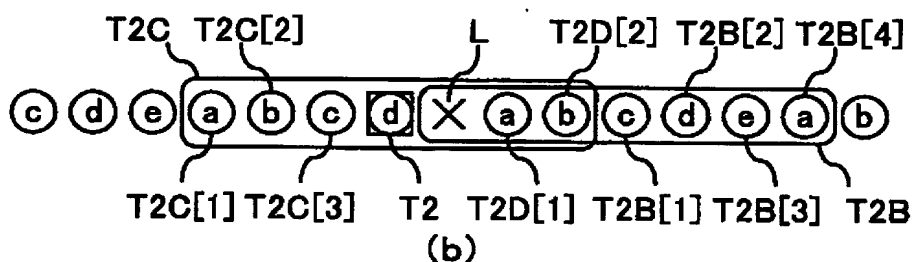
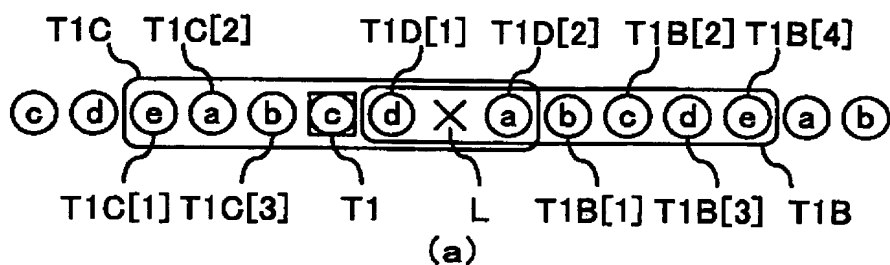
[図36]



[図37]



[図38]



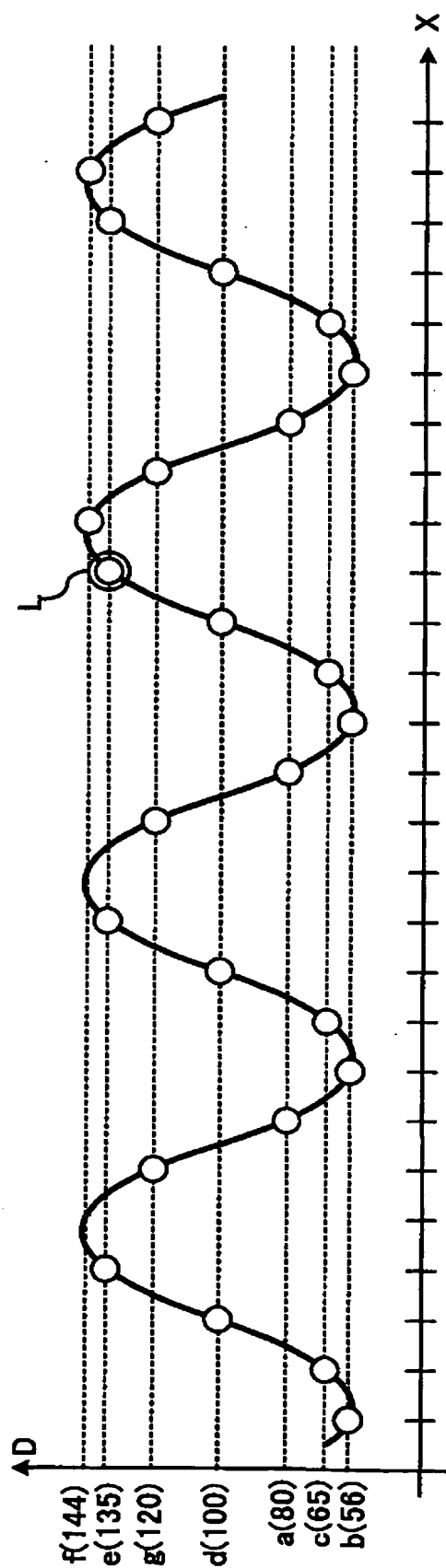
[図39]

	T1	T2	T3	T4
M0	0	56	26	30
M1	0	0	0	0
M2	69	69	26	69

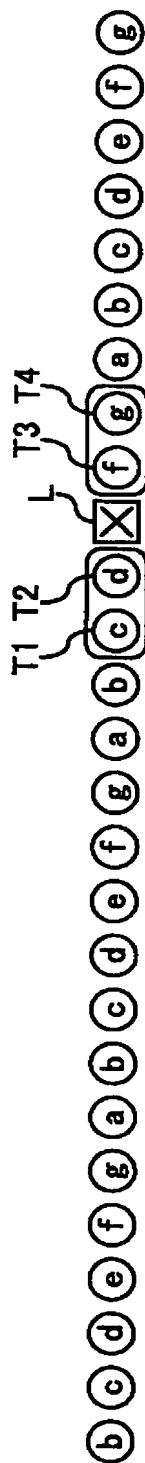
[図40]

S0	112
S1	0
S2	233

[図41]



(a)



(b)

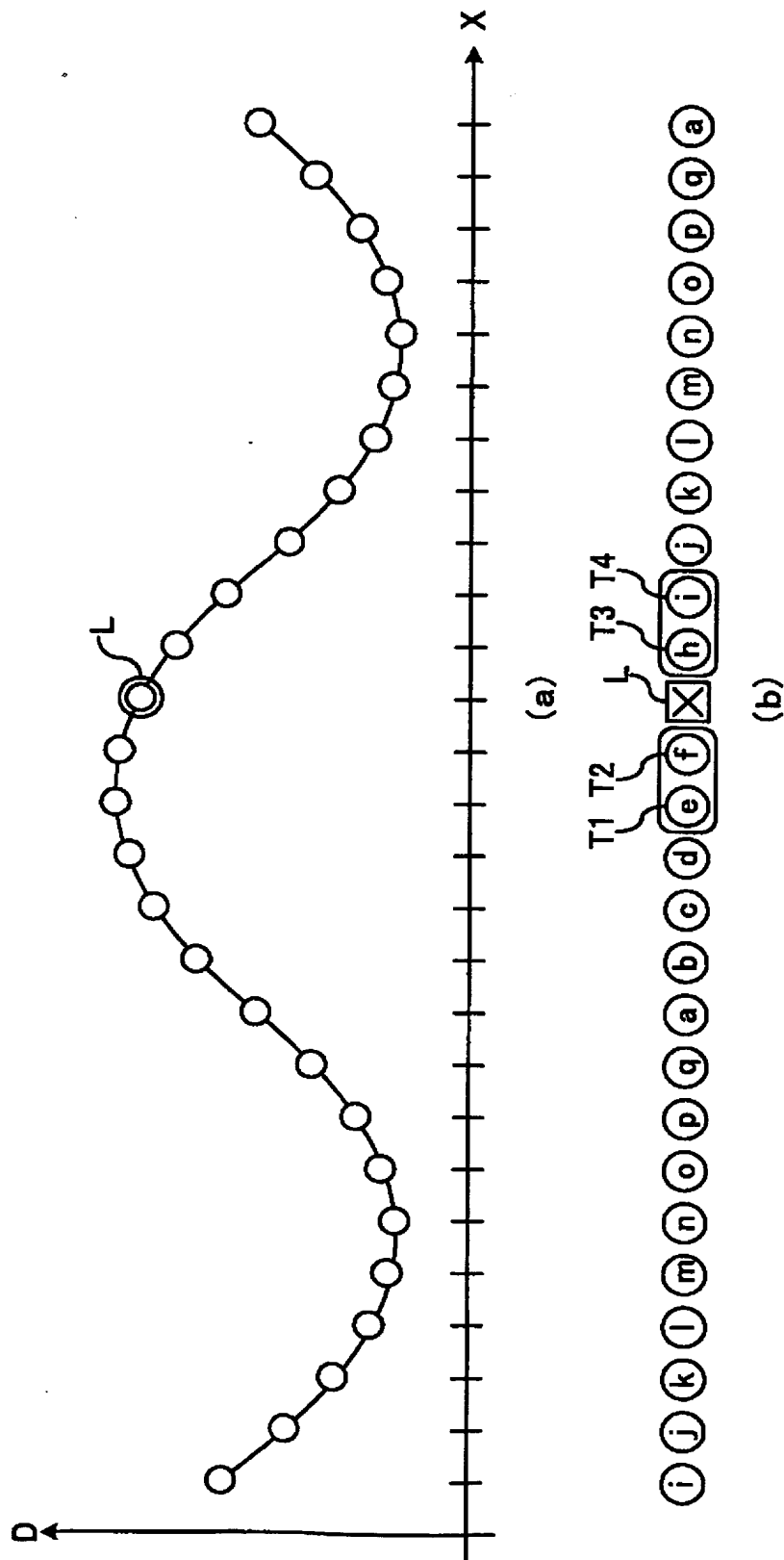
[図42]

	T1	T2	T3	T4
M0	13	4.5	71	8
M1	143	35	143	35
M2	0	0	0	0

[図43]

S0	96.5
S1	356
S2	0

[図44]



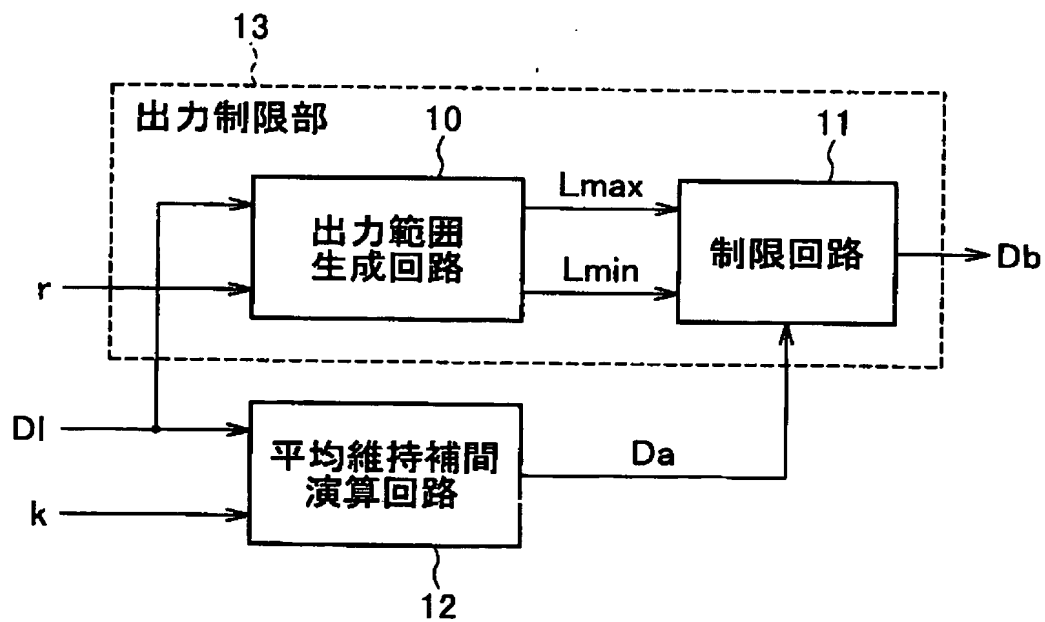
[図45]


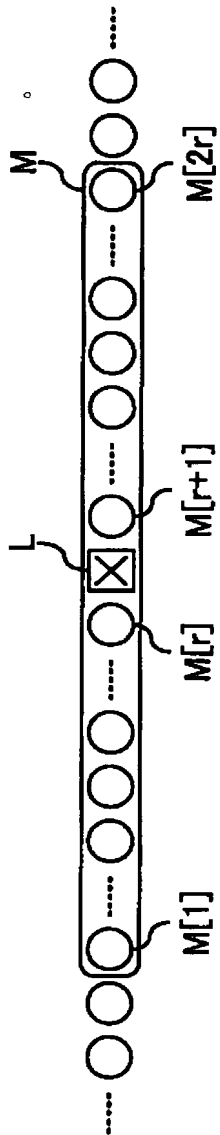
	T1	T2	T3	T4
M0	3.5	8.5	1.5	0
M1	91	152	91	152
M2	191	269	86	191

[図46]

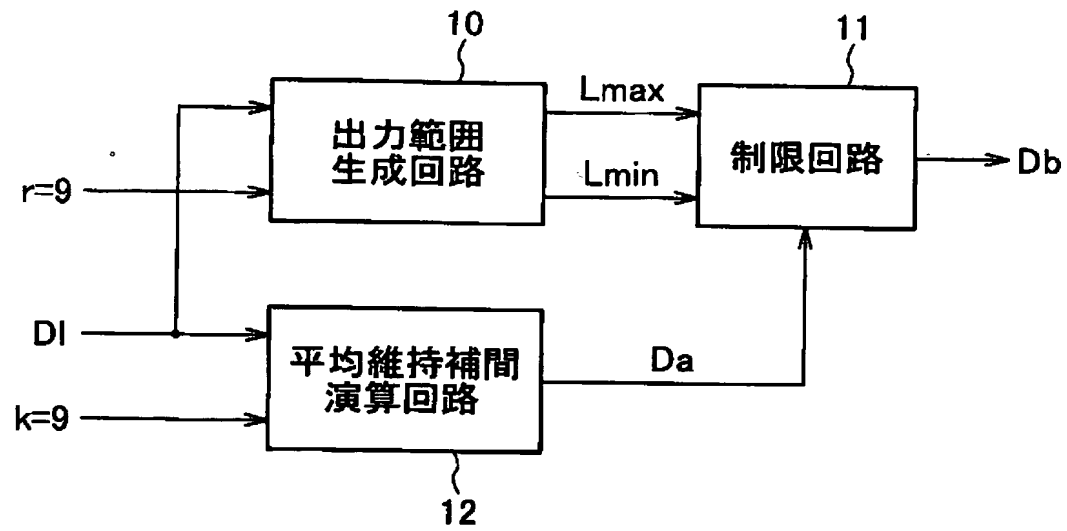
S0	13.5
S1	486
S2	737

[図47]

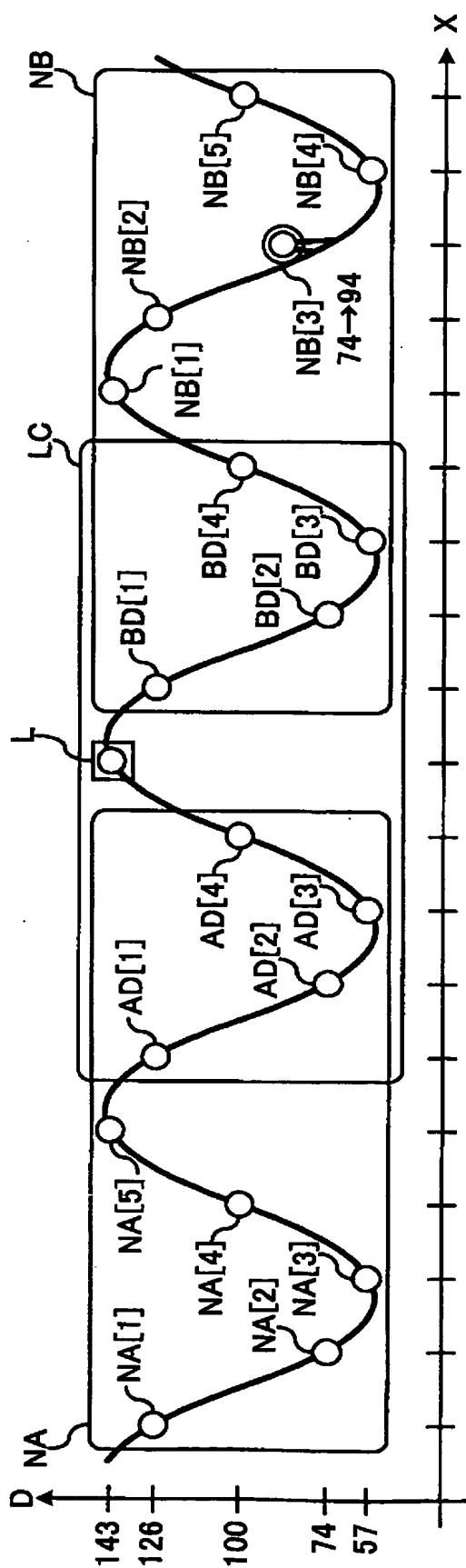


[48]

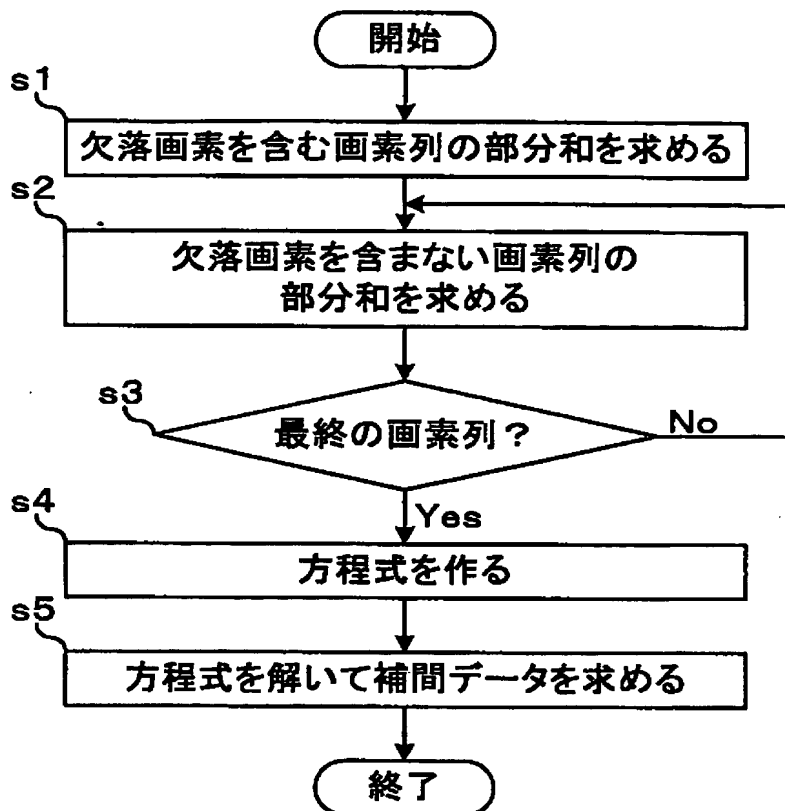
[図49]



[図50]



[図51]



[図52]

